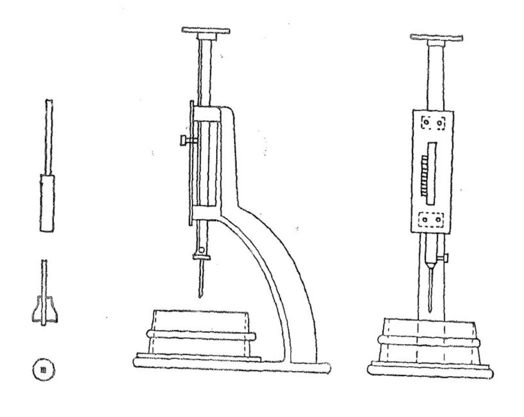


مواد البناء واختباراتها

دكتور
مصطفى السيد شحاته
أستاذ الهندسة الإنشائية
جامعة الإسكندرية

اهداءات ٢٠٠٢

أسرة المهندس/ حامد العوا

الاسكندرية

مواد البناء واختباراتها

إهداء
من
مهندس حامد العوا
من ١٩٤٦ إلى ٢٠٠٢
إلى مكتبة الاسكندرية

دكتور
مصطفى السيد شحاتة
أستاذ الهندسة الإنشائية
جامعة الاسكندرية

اهـــــــداء

تسير امتنا العربية هذه الايام بخطى واسعة ثابتة نحو التصنيع والانشاء والتعمير مستعينة فى ذلك بأصول التكنولوجيا الحديثة • كما أن هناك جهود كبيرة تبذل لتطوير المواد الهندسية المختلفة لتحسين خواصها الميكانيكية لتقاوم مع الزمن ما تتعرض له من أحمال وقوى استاتيكية وديناميكية وما تتعرض له من عوامل مختلفة سواء كانت جوية أو كيميائية مع الالتزام بالمواصفات القياسية للمواد •

ولقد حاولت فى هذا الكتاب أن أجمع فيه خواص مواد البناء المختلفة والاختبارات المعملية الخاصة بها حسب المواصفات القياسية ليستعين بها المهندس المدنى أو المعمارى فى تحديد خواص مواد البناء واختيار احسن هذه المواد وأصلحها للعمل الانشائى المقترح القيام به وبحيث يتوفر له المقاومة اللازمة لتحمل الأحمال المؤثرة عليه مع مراعاة الوفرة فى التكاليف •

وأرجو أن يكون هذا الكتاب احد المراجع اللازمة للمهندسين وطلاب الهندسة فى جميع اقطار أمتنا العربية وأن يمكننى الله دائما حاضرا ومستقبلا من تقديم ما استطيع الى أبناء هذا الوطن العظيم مصر وأبناء الوطن العربى مما استطيع حمله وجمعه من العلم •

وأخيرا أريد أن أعبر عن عظيم شكرى وتقديرى لاساتذتى بقسم الهندسة الانشائية عامة وأساتذة مقاومة المواد خاصة بكلية الهندسة بجامعة الاسكندرية وكلية الهندسة بجامعة عين شمس ـ اساتذتى الذين لمست فيهم العلم الكثير والخلق القويم وأدين لهم بما احمل الان من علم ويزداد ايمانى بفضلهم يوما بعد يوم •

* *

*

الفهـــــــــــرس

رقم الصفحة

رقم الصفحة

رقم الصفحه

رقم الصفحة

المواد الغير معدنية

==========

الباب الاول

أحجـــار البنـــاء

Building Stones

---

١ - استخدامات أحجار البناء :

تستخدم أحجار البناء فى بناء حوائط المبانى والحدود وكبرواز للارصفـــة ولبناء الحوائط المساندة (Retaining Walls) ويستخدم كســـر الأحجار فى رصف الطرق وكركام للخرسانة وأعمال السكك الحديديـــة .

٢ - تجهيز احجار البنـــاء :

يتم تجهيز احجار البناء للاستخدامات المختلفة على مرحلتين ففى المرحلـــة الأولى يتم فيها استخراج الأحجار من المحاجـر وفى المرحلة الثانيـــة تشكل هذه الاحجار حسب الغرض الذى تستعمل فيه هذه الاحجـــار .

أ - التحجـــير :

يتم فى هذه العملية استخلاص الأحجار من المحاجر باحدى الطـــرق الاتيـــة :-

(١) النســـف :

وتجهز ثقوب بالصخر على محيطه وتملأ بالمتفجرات المناسبة لفصل كتـــل الأحجار المطلوبة . وتستعمل هذه الطريقة للاحجار شديدة الصـــلادة

والأحجار المستخلصة تكون حجارة مكسرة بأحجام مختلفة .

(٢) عمل مجارى محفورة بالأحجار :

تحفر مجارى رأسية بالأحجار بعمق ٣ الى ٤ متر وعلى مسافات مناسبة ثم تملأ بخوابير خشبية وعند بلها بالماء تزداد هذه الخوابير فى الحجم وتعمل على فصل الأحجار وتستخدم هذه الطريقة للأحجار الضعيفة وتعطى أحجار منتظمة الشكل .

(٣) باستعمال المناشير :

تستعمل فى بعض الأحيان مناشير مثبتة فى ماكينات خاصة تسير على قضبان توضع بالمحجر وأثناء حركة هذه الماكينات تقوم المناشير بقطع الأحجار فى اتجاه رأسى ثم اتجاه أفقى والأحجار المستخلصة تكون ذات أبعاد منتظمة (٢٠ x ٢٠ x ٤٠ سم) ، (٢٠ x ٢٠ x ٨٠ سم) أو أى أبعاد أخرى مطلوبة .

ب — التشكيل والتسوية النهائية للأحجار :

يجرى تشكيل السطح النهائى للأحجار يدويا او باستخدام مناشير وأجهزة تسوية ومخارط (وأجهزة تجليخ) خاصة ويمكن تسوية سطح الأحجار ليصير خشنا أو ناعما حسب الدرجة المطلوبة وحسب نوع الأحجار واستعمالاتها .

تقسيم الأحجار :

يمكن تقسيم الأحجار حسب الخواص الجيولوجية او الطبيعية

أو الكيمائية كالاتـــــى :

١ - التقسيم الجيولوجـــى :

يمكن تقسيم الأحجار من الناحية الجيولوجية كالاتـــــى :-

أ - صخور ناريـــة : وهى صخور تم تكوينها فى باطن الأرض تحت تأثير ضغط عالى ودرجة حرارة عالية ومن أمثلة هذا النـــــوع الجـرانيت والبازلـــت •

(١) الجـــرانيت : تكوينـــه :

يتكون الجرانيت من الكوارتز والفلسبار وكميات مختلفة من الميكـــا والهورنبلند وتكوين جسمه منتظم وقد يحتوى على جزيئات دقيقـــة أو كبيرة حسب درجات الحرارة والضغط التى صادفت تكوينه ، وهو مـــن الأحجار شديدة الصلادة والمتانة ويقاوم التآكل ومساميته لا تزيد عـــن ١ ٪ ووجود نسبة الميكا به او المواد الغريبة وخاصة الحديد بنسبـــة عالية يضعف من قوة تحمله ولا يستطيع مقاومة تأثير النار وخصوصا مع الماء •

استعمالاتـــة :

يستخدم فى أعمال الديكور وعمل السلالم نظرا لصـــلادتـــه وقوته • ويمكن استخدام كسر حجر الجرانيت كركام للخرسانة ولكنه باهـــظ التكاليـــف •

(٢) البـــازلـــت : تكوينـــــه :

يتكون من الفلسبار المتبلور والبيروكسين مع كمية قليلة من الكوارتـــز

وحبيباته دقيقة ولونه رمادى او أســـود •

استعمــــــالاته :

يستخدم فى أعمال الرصف ، ويمكن استعمال كسر البازلت فى أعمـــال السكك الحديدية وكركام للخرســـانه •

ب — صخـــور رسوبيــة :

وهى صخور تم تكوينها عن طريق نقلها ثم ترسيبها اما بالرياح او بميـــاه الانهار والامطار ثم التصاقها ببعضها البعض ولهذه الصخور مستويـــــات ترسيب ومستويات انفصال ويعتبر الحجر الجيرى والحجر الرملى من الصخـــور الرســوبيـــة •

(١) الحجر الجـــيرى : تكوينــــــه :

يتكون من كربونات الكالسيوم او كربونات الكالسيوم والمنجنيز وذلك مـــع بعض مواد أخرى مثل أكسيد الحديد والسليكا والطين ولكن بنسب قليلـــــة واذا زادت به نسبة السليكا يسمى حجـرجيرى سيلسى واذا زادت به كميـــة الطين يسمى حجر جيرى طينى ويسمى حجر منجنيز اذا زادت به نسبة المنجنيز عن ١٥ ٪ وهو سهل التشغيل ويقاوم الحرارة حتى ٩٠٠ درجـة مئويـــــة والماء والحرارة متلفة جدا له وكبريتور الحديد شائبة غير مرغوب فيها فهـــى تبقعه باللون البنى وتكون به حامض الكبريتيك الضار بالكربونـــات •

استعمالاتـــــه :

يستخدم فى أحجار البناء وصناعة المواد الحديدية والاسمنــــ

ويستعمل كسره كركام فى الأعمال الخرسانيــــة •

(٢) الحجــر الرملـــى : تكوينـــــه :

يتكون من حبيبات رملية تم ترسيبها ثم التصاقها ببعضها بواسطـــة السليكا او كربونات الكالسيوم أو أكسيد الحديد أو المواد الطينية ولذلـــك يختلف الحجر الرملى فى لونه وصلادته ومتانته • فوجود السليكا يجعل لونـــه فاتح ويزيد من صلادته وصعوبة تشغيلة ويسمى حجر رملى سيليسى • أمـــا وجود كربونات الكالسيوم بـــه كمادة لاحمة تجعل لونه فاتح أيضا ولكن تقلل مـــن متانته وتسهل علية تشغيله ، أما وجود أكسيد الحديد فيعطيه لون أحمـــر أو بنى ويقلل من صلادته ومتانته • ووجود الطين به يجعله ضعيف سهـــل القطع والتفتت • ولذلك تتوقف خواص هذا الحجر على حجم جزيئاته وعلـــى نوع وكمية المادة اللاحمة لجزيئاته ويتحمل درجة الحرارة حتى ٨٠٠ درجـــة مئوية وللحرارة العالية والماء تأثير سىء عليــه •

جـ - صخور متحولـــــة :

وهى اما صخور نارية او رسوبية ثم تحت تأثير الضغـــط والحـــرارة تحولت الى صخور متحولة ومن أمثلة الصخور المتحولة الرخام فأصله حجر جيـــرى تغير تكوينه بتأثير الحرارة والضغط •

(١) الرخـــام : تكوينـــــه :

يتكون أصلا من كربونات الكالسيوم والتى أعيد تبلورها بعد انصهارهـــا وتبريدها ببطء نتيجة للتعرض لضغط كبير وهو سهل التشغيل • ونتيجة لوجود المواد الغريبة المختلفة به يوجد بألوان متعـــددة •

فوجود الليمونيت به يعطى اللون الأصفر .

ووجود أكسيد الحديد به يعطى اللون الأحمر .

ووجود المواد البيتومينية به يعطى اللون الأسود أو الرمادى .

ووجود الجلوكونيت يعطى اللون الأخضر .

استعمالاته :

يستعمل فى أعمال الديكور ، ونظرا لمقاومته للاحتكاك يستعمل كدرج للسلالم وهو ذو اسعار عالية .

٢ - التقسيم الطبيعى :

ويتكون هذا التقسيم حسب تكوين جسم الصخر :

أ - صخور طبقية :

وهى صخور ترسبت فى طبقات أفقية أو مائلة أو منحنية تبعا لظروف الترسيب مثل الحجر الرملى .

ب - صخور غير طبقية :

وهى صخور تكونت من جزيئات التصقت واتحدت مع بعضها لتكون الصخر مثل الجرانيت والبازلت .

٣ - التقسيم الكيميائى :

ويتكون هذا التقسيم حسب التركيب الكيميائى للصخر :

أ - صخور سليسية :

وتتكون رئيسيا من السليكا (ثانى أكسيد السليكون) مثل الحجر الرملى .

ب - صخور طينية :

وتتكون من مواد طينية مثل سليكات الألمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مثل الحجر الطينى .

ج - صخور جيرية :

وتتكون رئيسيا من كربونات الكالسيوم وأحيانا متحدة مع المغنسيوم مثل الحجر الجيرى والرخام .

اختيار الاحجار :

يجب أن يراعى عند اختيار الاحجار للاغراض الانشائية المختلفة أن يتوفر فيها الاتى :

(١) حسن المنظر وقلة التكاليف .

(٢) القدرة على تحمل التغييرات الجوية من حرارة ودرجة رطوبة والمواد الكيميائية الموجودة بجو المصانع .

(٣) القوة والصلادة والمتانة المناسبة للغرض المستعملة فيه هذه الأحجار .

ويجب عند اختيار أحجار البناء القيام بالدراسات الاتيه :

أ - التفتيش على الاحجار بالمحجر :

يجب فحص الأحجار بالمحجر لمعرفة نسيج وتكوين الحجر ومقاماته التى

يمكن الحصول عليها ومدى تحمله للرطوبة أو المياه ومقاومته للعوامل الجوية واختيار الاحجار التى لها القوة والصلادة والمتانة المناسبة ، وكميات الأحجار التى يمكن للمحجر امداد الموقع بها والزمن اللازم لذلك .

ب - التفتيش على الأحجار فى المنشآت التى تم انشائها :

ويكون ذلك لمعرفة مدى تحمل هذه الأحجار للعوامل الجوية المختلفة ومعرفة تأثير التربة عليها ومدى مقاومتها للتفتت .

جـ - الاختبارات المعملية على الاحجار :

يجب اجراء الاختبارات المعملية الاتية على الاحجار لمعرفة خواصها الطبيعية . والكيميائية والميكانيكية :

١ - اختبار الفحص البصرى
٢ - اختبار مقاومة الضغط
٣ - اختبار الامتصاص
٤ - اختبار الانكماش .
٥ - اختبار الوزن النوعى ووزن المتر المكعب .
٦ - اختبار نفاذ الماء .
٧ - اختبار المقاومة لتأثير الكيماويات .
٨ - اختبار التحليل الكيميائى للاحجار .
٩ - اختبار المقاومة للتآكل .

ومن هذه الاختبارات يمكن معرفة خواص الأحجار من شكل وحجم الجزيئات ومدى تداخلها والتصاقها ومكونات الحجر الكيميائية وقوته وصلادته .

جـــــــدول (١)

متوسط بعض خواص الانواع الرئيسية لاحجار البناء الجافـــة

نوع الاحجار	قوة الضغط كجم/سم٢	معاير الكسر كجم/سم٢	معاير المرونة طن/سم٢	الوزن طن/م٣	النسبة المئوية للمسامية	معامل التمدد × ١٠$^{-٦}$ لكل درجة فهرنهيت
الجرانيت	١١٠٠ ــ ٢٢٠٠	٨٥ ــ ٢٨٠	٤٢٠ ــ ٧٠٠	٥ر٢ ــ ٨٥ر٢	صفر ــ ١ ٪	٤ر٣ ــ ٢ر٤
الحجر الجيري	٢٠٠ ــ ١٩٠٠	٣٥ ــ ٣٦٠	٢٨٠ ــ ١٠٨٠	٢٢ر٢ ــ ٧ر٢	٣ر٠ ــ ٢٠ ٪	٦ر٠ ــ ٧ر٤
الرخام	٧٠٠ ــ ١٨٠٠	٧٠ ــ ٢٨٠	٢٨٠ ــ ٩٥٠	٥٦ر٢ ــ ٧٣ر٢	٢ر٠ ــ ٦ر٠ ٪	٢ ــ ٦ر٥
الحجر الرملي	٥٠٠ ــ ١٤٠٠	٣٥ ــ ١٧٥	٧٠ ــ ٥٢٥	١٤ر٢ ــ ٥٦ر٢	٥ ــ ٢٨ ٪	٢ر٣ ــ ٩ر٦

خواص أحجار البنـــاء :

أ ــ المتانـــــة : هي مقاومة الأحجار للعوامل الجوية ، وتتوقف متانـــــة أحجار البناء على تكوينها وتركيب نسيجها وتعتبر مستويات الاتصال مـــن العوامل التي تقلل المتانة كما أن أحجار البناء ذات الجزيئات الكبيرة أقـــل متانة من الأحجار ذات الجزيئات الصغيرة وكلما كثرت الفراغات والمســـام بالأحجار قلت متانتها .

والأحجار الألومينية والأحجار الجيرية تؤثر عليها العـــوامل الجوية بسرعة ، أما الأحجار السيليسيـــة فهي أكثر مقاومة للتفتت ووجـــود أملاح الكبريتور ومركبات الحديد غير مرغوب وجودها فهي تقلل المتانـــــة .

ب ــ الامتصـــاص : هو نسبة الماء التي يمكن أن يمتصها الحجر الجـــاف في ٢٤ ساعـة (وهذه النسبة منسوبة الى وزن الحجر الجاف)

$$\text{الامتصاص} = \frac{\text{وزن العينة الرطبة} - \text{وزن العينة الجافة}}{\text{وزن العينة الجافة}} \times ١٠٠$$

فكلما زادت مسامية الحجر زادت خاصية الامتصاص . وكلما زادت مقاومـــة الضغط للأحجار قلت خاصية الامتصاص . فالأحجار النارية والمتحولة لهـــا خاصية امتصاص لا تتعدى ١ ٪ وتزداد هذه القدرة في الأحجار الرسوبيـــة كثيرا اذ تبلغ قدرة الأحجار الرملية على الامتصاص ١٠ أمثال الأحجـــار النارية وتزيد عن ذلك بالنسبة للأحجار الجيرية .

التمـــدد والانكمـــاش :

تتمدد الأحجار بالحرارة وتنكمش بالبرودة ولكنها لا تعود لحجمها الأصلـــي

بعد التبريد وقد أظهرت التجارب أن هذه الزيادة فى الحجم بعد التبريد تتراوح بين ٢٠ر٠ ٪ الى ٤٥ر٠ ٪ ويختلف معامل التمدد من حجر الى آخر ٠

جدول (٢)

معامل التمدد

نوع الحجر	معامل التمدد لكل درجة فهرنهيت
جرانيت	٠ر٠٠٠٠٠٣١١ — ٠ر٠٠٠٠٠٤٠٨
حجر رملى	٠ر٠٠٠٠٠٥٠١ — ٠ر٠٠٠٠٠٦٢٢

المقاومة للحريق :

تتأثر الأحجار بدرجات الحرارة العالية ويحدث بها تفتت نتيجة حدوث اجهادات داخلية لاختلاف تسخين جزء عن آخر وعدم انتظام التمدد ٠ ومقاومة الجرانيت للحريق ضعيفة جدا نتيجة عدم انتظام تركيبه (يتكون من ٣ عناصر أو أكثر) أما الحجر الجيرى فيتحمل الحرارة حتى ٦٠٠° مئوية درجة ابتداء تحلله وتفتته ويتأثر الحجر الرملى أيضا بالحريق فالحجر الرملى الذى تكون مادته اللاصقة السليكا أو كربونات الكالسيوم يقاوم تأثير الحريق أكثر من الحجر الرملى الذى تكون مادته اللاصقة أكسيد الحديد او الطين ٠

المقاومة للصقيع :

تتفتت الصخور بفعل الصقيع اذا كانت نسبة الرطوبة بها عالية قبل التعرض لدرجة التجمد لزيادة حجم الماء داخل فراغات الحجر عند التجمد ويحدث هذا

التفتت بوضوح فى الأحجار الضعيفة •

تفـــتت الاحجـــار :

هناك ثلاث عوامل تساعد على تفـتت الأحجـار :

أ ـ عـوامل ميكانيكيـــة :

رفع درجة حرارة الحجر ثم التبريد وكذلك مياه المطر والجليد تعتبـــر عوامل ميكانيكية تعمـل على تفـتت الحجـــر •

ب ـ عـــوامل كيميائيـــة :

تشبع جو بعض المصانع بالمواد الكيميائية وخاصة حامض الكبريتيك وحامـــض النتريك وحامض الكربونيك يساعـد على تفتت الأحجار •

جـ ـ عوامـــل حيـــة :

نمو النباتات ووجـود البكتريا والديدان وبعض الحشرات البحريـــة تعمل على تواجد أحماض عضوية وتساعد على تفتت الأحجـار •

كما ان هناك عوامـل أخرى قد تساعد على تفتت الأحجــــار يمكن تلخيصها فى الاتـــــى :

(١) تأثير عملية التحجــــير •

(٢) تأثير عملية تسويته وتشكيله •

(٣) تأثير عملية وضعه فى مكانه بالمنشـأ •

(٤) تأثير عملية حماية الأحجار من المياه أو الظروف المتلفة من عدمهـا •

حفظ سطح الأحجار من التلف :

تحفظ الاحجار من التلف بتغطيتها بطبقة من البياض بسمك ٢ ـ ٣سم ثم بتغطية طبقة البياض بطبقة من دهانات الزيت أو الجير . وفى بعض الاماكن مثل المطابخ والحمامات يفضل تغطية الحائط بالقيشانى أو السيراميك لحمايتها من تأثير المياه .

الخواص الميكانيكية :

تعتبر مقاومة الاحجار للشد صغيرة جدا وهى تستخدم غالبا لتحمل أحمال ضغط فقط وتختلف مقاومة الأحجار فى الضغط على حسب أنواعها كما فى الجدول رقم (١) فكلما زاد وزن الحجر كلما زادت قوة تحمله للضغط .

ويمكن دراسة خواص الحجر الميكانيكية بواسطة اجراء الاختبارات الاتية :

اختبـــارات الأحجـار

(١) اختبار الفحص البصـــرى
Visual Inspection Test

يعطى الفحص البصرى لسطح الحجر فكرة جيدة عن تكوين وسلوك هـــذا الحجر عند استعماله كمادة بناء ويجرى هذا الفحص اما بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة أو ميكروسكوب على سطح كسر حديث فى الحجر أو بالمجهر على قطاعات رفيعة من الحجر ذات سطح مستوى مصقول ويجب ان يتضمن الفحص البصرى الآتـــــى :

أ - نســيج الحجـــارة : Texture

الأحجار التى تستعمل فى البناء يجب أن تكون ذات نسيج متجانس خالية من الشروخ والفجـــوات .

ب - لـــون الحجـــارة : Colour

يجب أن يكون لون الحجر متجانس حيث أن وجود بقع بلون غريب عـــن لون الحجر يعبر عن وجود مواد ضعيفة او مركبات حديدية أو طينيـــة .

جـ - التركيب البنائى للحجـــارة : Structure

أما أن يكون بلورى مثل الجرانيت والبازلت والرخام أو حبيبى مثل الحجـــر الجيرى أو الحجـر الرملـــى .

د - معرفة حجم وترتيب الحبيبات فى الحجارة الرسوبية وشكل ترتيب البلورات فى الحجارة البللورية ووجود الشوائب التى تعمل على تفكك الحجر .

المناقشـــة Disscussion

(٢) أذكر كيف يجرى الفحص البصرى للحجـــــارة ؟

(٣) ما هى الاشتراطات الواجب توافرها فى عينة الاختبـــار ؟

(٤) ما هى النتائج التى يظهرها الفحص البصرى لكل ما يأتـــى :

- نسيج الحجـر Texture of Stone
- لـــون الحجر Colour of Stone
- التركيب البنائى للحجر . Structure of ST.
- حجم وحالة الجزيئات والبللورات المكونة للحجـر .

* *

*

(٢) اختبار مقاومة الضغط

Compressive Strength Test

تجرى عدة اختبارات على أحجار البناء لمعرفة مقاومتها للأحمال المختلفة ومن أهم هذه الاختبارات اختبار المقاومة للضغط ومع أن الحمل الذى تتعرض له المنشآت الحجرية أقل بكثير من حمل التهشيم الا أن المقاومة القصوى للضغط تعطى فكرة عن أغلب خواص الحجر مثل مقاومته للعوامل الجوية المتلفة والنفاذية والامتصاص والمقاومة للبرى أى تعطى فكرة عن سلوك الحجر كمادة بناء •

ونادرا جدا ما يجرى اختبار المقاومة للشد على الحجارة لأن مقاومة أنواع الأحجار المختلفة للشد تكاد تكون معدومة • وفى بعض الأحيان يجرى اختبار الفحص واختبار الانحناء للحجارة وذلك فى حالة استعمالها فى عمل درجات السلالم وأعتاب الشبابيك والأبواب وكوابيل البلكونات •

الغرض من الاختبار :

معرفة سلوك الأحجار المختلفة تحت تأثير قوى الضغط وتحديد اجهاد التشريخ واجهاد الكسر للعينات المختلفة وملاحظة شكل الكسر •

عينات الاختبار :

يجرى الاختبار على مكعبات ١٠ x ١٠ x ١٠ سم أو منشورات ذات قاعدة مربعة ١٠ x ١٠ سم وارتفاعها ضعف طول ضلع قاعدتها مع ملاحظة أن تكون أوجه العينة مستوية وملساء وعمودية على محاور العينة وغالبا ما تغطى

أسطح التحميل بوسادة من مونة الأسمنت والرمل بنسبة ١ : ١ أو عجينة الجبس لضمان استواء أسطح التحميل لتفادى حدوث تركيز للحمل وضمان انتظام توزيع الحمل على هذه الأسطح ويمكن استعمال عينات اختبار اسطوانية الشكل وارتفاعها ضعف قطر مقطع الاسطوانة •

أجهزة الاختبار :

مسطرة قياس ــ ميزان حساس ــ ماكينة اختبار الضغط •

خطوات الاختبار :

(١) تجهيز العينة بالشكل والمقاسات المطلوبة •

(٢) قياس ابعاد العينة ووزنها •

(٣) وضع العينة بين فكى ماكينة الاختبار ويراعى انطباق محور العينة على محور التحميل الخاص بماكينة الاختبار •

(٤) تحميل العينة بحمل الضغط ببطء حتى يحدث تشريخ ثم تهشيم للعينة •

(٥) يسجل كل من حمل التشريخ وحمل التهشيم •

كما يجب تسجيل وضع مستويات الترسيب لمحور التحميل ويلاحظ أن الكسر غالبا ما يكون مائلا بزاوية θ على الأفقى

حيث :

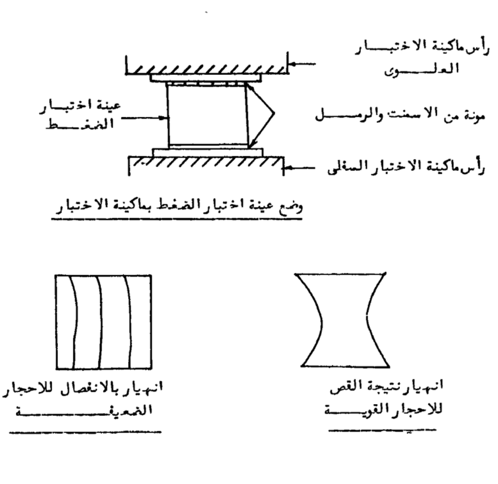
$$\theta = ٤٥ + \frac{\phi}{٢}$$

حيث ϕ عبارة عن زاوية الاحتكاك وتتراوح قيمة θ ما بين ٤٥ ـ ٦٠° •

النتائج :

تدون النتائج فى الجدول الآتى

رقم العينة	مقاس العينة	وزن العينة	المساحة المحملة (A)	حمل التشريخ P_1	حمل الكسر P_2	اجهاد التشريخ $= \frac{P_1}{A}$	اجهاد الكسر $= \frac{P_2}{A}$
١							
٢							
٣							
٤							
٥							
٦							



وتتغير المقاومة القصوى للضغط فى حدود كبيرة معتمدة على الاعتبارات الاتيــة :

(١) مكان أخذ العينة من المحجر ونوع الحجر .

(٢) ظروف وطريقة تكوين الحجر .

(٣) مقاس وشكل العينات .

ولذلك يستعمل معامل أمان كبير في تصميم المنشآت الحجرية ولقد وجـــد أن مقاومة الضغط للعينات الاسطوانية الشكل أقل من مقاومة العينات المكعبة الشكـل لنفس الحجر والعلاقة بينهما كالاتـــي :

مقاومة ضغط العينة الاسطوانية = $\frac{3}{4}$ × مقاومة ضغط العينة المكعبـــة ٠

كما أن العينات الكبيرة تعطي مقاومة ضغط أقل من العينات الصغيرة لنفس الحجـــر ٠

وتتناقص مقاومة الضغط للعينة بزيادة ارتفاع العينة كما هو مبين بالجدول الاتـــي :

النسبة المئوية لمقاومة ضغط عينات مكعبة ذات أبعاد مختلفة منسوبة لمقاومة ضغـــط مكعب ضلعه ٢٠ ســم

الأبعاد بالسم	٧	١٥	٢٠	٣٠
النسبة المئوية للمقاومة	١٠٨٫٥	١٠٤٫٧	١٠٠	٧٥

النسبة المئوية لمقاومة ضغط اسطوانات ذات أطوال مختلفة منسوبـــة لاسطوانات بقطر ١٥ ســـم :

الطول (سم)	١٥	٢٢٫٥	٣٠	٣٧٫٥	٤٥	٦٠
النسبة المئوية للمقاومـــة	١١٢	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٦	٩٢

واذا أجريت اختبارات مقاومة الضغط على عينات غير قياسية (ع ≠ ٢ ق) فانه يمكن استنتاج مقاومة الضغط للعينات القياسيـــــــــــة (ع = ٢ ق)

وذلك بضرب مقاومة الضغط التي حصلنا عليها من العينات الغير قياسية في عامـــل التصحيح المناظر المعطى فـي الجـدول الآتــــي :

نسبة الارتفاع $\frac{ع}{ق}$	٢ر٠	١ر٧٥	١ر٥	١ر٢٥	١ر١٠	١ر٠	٠ر٧٥	٠ر٥٠
عامل تصحيح المقاومة	١ر٠٠	٠ر٩٨	٠ر٩٦	٠ر٩٤	٠ر٩٠	٠ر٨٥	٠ر٧٠	٠ر٣٠

المناقشـــــــــة : Discussion

١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار الضغط ؟

٢ - لماذا يعتبر اختبار الضغط من الاختبارات الرئيسية اللازمة لقبول الحجـــارة في الأعمال الهندسيـــــة ؟ .

٣ - لماذا يجرى أحيانا اختبار الانحناء واختبار القص لبعض أنواع الحجـــــارة (أذكر أمثلــــة لـــــذلك) .

٤ - ما هو شكل عينة اختبار الأحجار للضغط ؟ ولماذا أختير هذا الشكـــــل ؟ وهل لحجم ومقاس عينة الاختبار تأثير على قيمة مقاومة الضغط للأحجـــــار ؟ (وضـح لمـــاذا) .

٥ - اشرح كيف تجهز عينة الحجر لاختبار الضغط ؟ وضح اجابتك بالرســــم .

٦ ـ ارسم تخطيطيا مكنة اختبار الضغط التى أجريت عليها تجارب الضغط المعملية للحجارة مع بيان مكان قطعة الاختبار وكيفية التأثير بالحمل وكيفية تحديد قيمة الحمل فى أى لحظة أثناء التحميل وقيمة الحمل الاقصى .

٧ ـ سجل البيانات المعملية التى حصلت عليها اثناء اجراء اختبار الضغط على الحجارة ثم عين منها قيم اجهاد التشريخ (Cracking Stress) واجهاد الكسر (Breaking Stress)

٨ ـ ارسم شكل قطعة الاختبار قبل وبعد اختبار الضغط . ما السبب فى ذلك؟ (وضح اجابتك بالرسم)

٩ ـ أذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند اجراء هذا الاختبار .

١٠ ـ أذكر المتوسط التقريبى لاجهاد التهشيم للأحجار الآتية :

الرخام ـ الحجر الجيرى ـ الجرانيت ـ البازلت .

(٣) اختبـار الامتصاص للأحجـار

Apsorption Test

الغرض من الاختبــــار :

حساب الامتصاص الطبيعي والامتصاص الكامل ومعامل التشبع للحجـــر لأن هذه الثوابت تعطى فكرة غير مباشرة عن مقاومته للمؤثرات الجوية وعن مقاومتـــه لحمل الضغط .

العينـــــــــــة :

ذات أى شكل منتظم تتراوح أبعادها من ٥ - ١٠ سم .

الأجهـزة المستعملــــة :

ميزان حساس - فرن تجفيف - مجفف - مجموعة من الأوعية - ساعة ايقـــــاف .

خطـــــوات الاختبــــار :

أ - تعيين الامتصاص الطبيعي : Natural absorption

(١) تجفف العينة فى فرن التجفيف حتى ثبوت وزنها ثم تبرد فى المجفف وتـوزن

(٢) توضع العينة فى اناء فارغ ويضاف عليها ماء نقى ببطء حتى تغمر تماما بالماء مدة ٤ ساعات ثم تترك مغمورة لمدة ٢٠ ساعة أخرى وتستخرج من المـاء وتــــوزن .

النتـــــائج :

النسبة المئوية للامتصاص الطبيعى =

$$\frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times ١٠٠$$

ب - تعيين الامتصاص الكامل : Total absorption

(١) تجفف العينة فى فرن التجفيف حتى ثبوت الوزن ثم تبرد فـــى المجفف ثم تـــوزن •

(٢) تغمر العينة فى أناء به ماء نقى وترفع درجة حرارة الماء حـــتى الغليان فى مدة ساعة وتترك فى هذه الحالة لمدة ٥ ســاعات أخرى ثم تبرد وتستخرج العينة وتوزن •

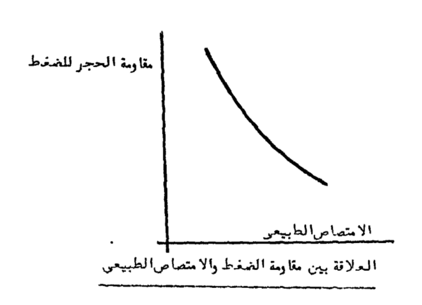
النتـــــائج :

النسبة المئوية للامتصاص الكامـــل =

$$\frac{\text{الوزن الرطب (ماء يغلى)} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times ١٠٠$$

معامل التشـــبع (Saturation coeff.) =

$$\frac{\text{النسبة المئوية للامتصاص الطبيعى}}{\text{النسبة المئوية للامتصاص الكامل}} < ١,٠٠$$



العلاقة بين مقاومة الضغط والامتصاص الطبيعى

المناقشـــــة : Discussion

١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار الامتصاص للحجارة ؟
ولماذا يعتبر هذا الاختبار من الاختبارات الرئيسية لتحديد صلاحيــة الاحجار فى بعض الاعمال الهندسيــة ؟

٢ - اشرح كيف يمكن تعيين النسبة المئوية للامتصاص للاحجار فــى حالة الامتصاص الطبيعى (Natural absorptiont) وفــى حالة الامتصاص الكلــى (Total absorption)

٣ - ما هو معامل التشبع للاحجار (Saturation Coefficien)
أذكر دلالة هذا المعامــل ٠ ؟

٤ - ما هى العلاقة بين امتصاص الحجر للماء ومقاومته للحريق ؟ اشرح لمــاذا ؟

٥ - أذكر النتائج المعملية لاختبارات الامتصاص الطبيعى والامتصاص الكامل للاحجار التى أجريت عليها التجــارب ٠

(٤) اختبار الانكماش عند الجفاف

Drying Shrinkage Test

الغرض من الاختبار :

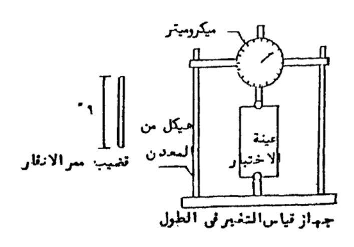
التغير الحجمي للاحجار نتيجة لتغير رطوبتها من الخواص المهمة لأنها تؤدى غالبا الى تفتت الحجارة حيث أن تعرض سطح الحجر الى درجة الحرارة العالية فى النهار يتسبب فى فقد رطوبته وبالتالى تغير فى حجمه وفى نفس الوقت لا يتأثر باطن الحجر بذلك نتيجة لرداءة الحجر فى التوصيل الحرارى وبتكرار هذا يحدث انفصال الطبقة السطحية للحجر ويحدث ذلك للطبقة التالية وهكذا . وغالبا ما يهمل التغير الحجمى بالرطوبة للأحجار النارية كما يصل هذا التغير فى الحجر الرملى الى خمسة أضعاف التغير فى الحجر الجيرى ويمكن من هذا الاختبار حساب النسبة المئوية للانكماش عند الجفاف .

العينــــة :

منشور قاعدته مربعة طول ضلعها ٤ بوصة وارتفاعها ٩ بوصة .

الأجهــزة :

فرن تجفيف ومجموعة أوعية وجهاز لقياس التغير فى الطول مبين بالرسم .



خطوات الاختبار :

١ - تجهز العينة بالشكل والمقاس المطلوب ويثبت فى نهايتها كرتين من الصلب قطر كل منهما $\frac{١}{٤}$ بوصة بحيث يكون نصف الكرة داخل العينة والنصف الآخر خارجها .

٢ - تغمر العينة فى الماء لمدة ٤ أيام وفى درجة حرارة ١٩ - ٢١ °م .

٣ - ترفع العينة من الماء وتوضع فى جهاز قياس التغير فى الطول وتؤخذ قراءة الميكرومتر . ثم يوضع قضيب الانفار مكان العينة بالجهاز وتؤخذ قراءة الميكرومتر ، وبمقارنة القراءتان يمكن تعيين الطول الرطب للعينة .

∴ الطول الرطب = ٩ بوصة + فرق قراءتى الميكرومتر × $\frac{١}{١٠٠٠}$

النتائج :

النسبة المئوية للانكماش بعد الجفاف =

$$\frac{\text{الطول الرطب} - \text{الطول الجاف}}{\text{الطول الجاف}} \times ١٠٠$$

المناقشة : Discussion

١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار التغير الحجمى ؟

٢ - اشرح طريقة اجراء اختبار الانكماش للحجارة . وضح اجابتك برسم الجهاز المستخدم فى الاختبار وبيان وضع عينة الحجارة أثناء الاختبار .

٣ - هل يعتبر اختبار التغير الحجمى للحجارة اختبارا هاما يلزم أن تتضمنه المواصفات القياسية للحجارة ؟ لماذا ؟ .

* * *

(٥) اختبار المقاومة للتآكل أو البرى
Wear Test

الغرض من الاختبـــــار :

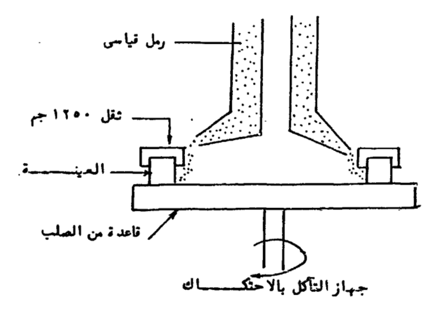
يجرى هذا الاختبار للاحجار المستعملة فى درجات السلالم ولتغطيـــــة الارضيات ورصف الطرق • ويحسب من هذا الاختبار معامل الصلارة وهو يعطى فكرة عن مقاومة الحجر للتآكل أو البرى • ويعتبر من وسائل المقارنة بين الأحجار المختلفة من حيث المقاومة للـبرى والتآكـــــل •

العينــــــة :

اسطوانة من الحجر بقطر ١ واحد بوصة وارتفاع ١ واحد بوصـة •

الأجهـــزة المستعملـــة :

جهاز التآكل بالاحتكاك (المبين بالرسم) ــ ميزان حســـاس •



خطـــوات الاختبـــار :

١ – توزن العينة قبل التآكـــل •

٢ – تثبت العينة فى جهاز التآكل بالاحتكاك وتدار قاعدة الجهـــاز بسرعـــة ٣٠ لفة فى الدقيقة مع وجود الرمل القياسى – وهو عبارة عن رمل جـــاف يمر من المنخل ٦ر٠ ويبقى على المنخل القياسى ٤٥ر٠ مم ويجب الا يكـــون قد استـــعمل هذا الرمل من قبل فى هذه التجربة أو أى تجربة أخـــرى بين سطح العينة وسطح قاعدة الجهاز • ويوضع ثقل مقداره ١٢٥٠ جـــم فوق العينة ، وينتهى الاختبار عندما يبلغ عدد اللفات ١٠٠٠ لفـــة •

٣ – تـــوزن العينة بعد التآكـــل •

النتـــائج :

$$\text{معامل الصلادة} = ٢٠ - \frac{\text{النقص فى الوزن (جرام)}}{٣}$$

المناقشـــة : Discussion

١ – ما هو الهدف من اجراء اختبار المقاومة للبرى للاحجار ؟•

٢ – هل يجرى هذا الاختبار لجميع أنواع الأحجار ؟ لمـــاذا ؟

٣ – اشرح كيف يمكن اجراء اختبار مقاومة الأحجار للبرى والتآكل ؟

٤ – ارسم تخطيطيا مكنات الاختبار المستعملة فى اختبار مقاومة الأحجار للـبرى؟

٥ – أذكر النتائج المعملية لاختبارات البرى على الاحجار التى أجريت عليهـــا التجـــارب •

* *

*

(٦) اختبار نفاذية الاحجــــــار

Permeabilty Test

الغرض من الاختبـــار :

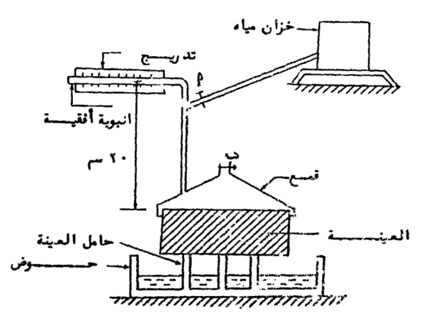
معرفة مدى مقاومة الأحجار لنفاذ الماء والاستفادة من ذلك فى اختبـــار نوع الأحجار المناسب فى انشاء بعض المنشآت التى يشترط فيها عدم النفاذيـــة مثل أجسام الســدود والحوائط الساندة .

العينــــــة :

منشـــور قاعدته مربعة طول ضلعها ١٠ سم وارتفاعها حوالى ٥ ســم .

الاجهــــزة :

جهاز النفاذية المبين بالرســــــم .



خطـــوات الاختبـــــار :

١ - تجهز العينة حسب الشكل والمقاس المطلوب ثم تدهن جوانبها الاربـــــع بالشمـــــع .

٢ - تثبت العينة فى الجهاز حسب الرسم ويفتح المحبس (أ) ، والمحبـــس (ب) حتى يتم طرد الهواء من الجهاز ثم يقفل المحبس (ب) حـــــتى تمتلئ الانبوبة الافقية ويقفل المحبس (أ) .

٣ - فى هذه الحالة يكون الضغط الواقع على الماء عند سطح العينة = ٢٠ سم ماء . تنتظر حتى يظهر الماء بالسطح السفلى للعينة ثم نلاحظ حركـــــة الماء فى الانبوبة الافقية .

٤ - تسجل مسافة تحرك الماء فى الانبوبة الافقية فى مدة ٦٠ ثانية ومنه يمكـــن معرفة معامل النفاذية . وكلما زادت هذه المسافة كلما كان الحجر أكثـــر نفاذيـــــة .

المناقشـــــــة : Discussion

١ - ما هو الغرض من اختبار النفاذية للأحجار ؟

٢ - ارسم الجهاز المستعمل فى اختبار نفاذية الأحجـــار

٣ - اشرح اختبار نفاذية الأحجـــار .

٤ - متى يلزم اجراء هذا الاختبار للأحجـــار ؟

*   *

*

(٧) اختبار المقاومة لتأثير الكيماويات
Test of resistance to Chemical Effects

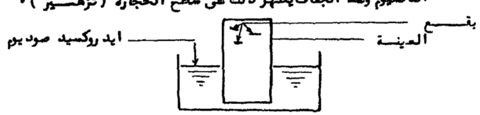
أ ـ التزهـــــير : التبقيـــع : Efflorescence staining

يظهر التزهير على الحجارة الطبيعية نتيجة لامتصاص الحجــــارة للاملاح من المواد المجاورة لها مثل المادة اللاحمة أو تربة التأسيس أو مـــن الهواء الجوى ونادرا ما توجد املاح ذائبة متكونة مع الحجر .

وقد يوجد فى بعض الأحيان مواد عضوية فى الحجارة الرسوبيـــة والتى تحت تأثير المحاليل القلوية تكون أملاح عضوية ذائبة تظهر علـــى هيئة بقع على سطح الحجر عند التبخـــر .

ب ـ الكبريتات أو حامض الكبريتيـــك :

وجود ثانى أكسيد وثالث أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى فـــى المدن الصناعية نتيجة الاحتراق يؤثر على الحجارة ويكون كبريتات أو كبريتيد الكالسيوم وعند الجفاف يظهر ذلك على سطح الحجارة (تزهـــير) .



جـ ـ تبلور الاملاح داخل فراغات الحجـــر : ـ

هذه الظاهرة تحدث عند الجفاف السريع وهى ضارة جـــدا للاحجار حيث أنها تولد قوة ميكانيكية داخل الفراغات تعمل على تفتيـــت الاحجار .

د — الكيماويات الضـــــارة :

الكيماويات الضارة غالبا ماتوجد بنسبة عالية فى الماء الممتص من تربة أساسات المبانى أكثر من وجودها فى الهواء الجوى . وقد تحتوى التربة على نترات أو كلوريدات أو كبريتات تعمل على تفتيت الحجارة .

هـ — حامض الكربونيـــــــك :

يذوب ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الهواء فى ماء المطـــر مكونا حامض الكربونيك الذى يذيب كربونات الكالسيوم مكونا بيكربونات الكالسيوم الـتى تتحول مرة ثانية الى كربونات الكالسيوم نتيجة التبخر ولكن هذه الكربونات ليست فـى تكوينها البنيانى مثل الكربونات الرئيسية بل ذات تكوين أضعف كذلك فان وجـــود هذه الكربونات على سطح الحجر وتحت تأثير مختلف العوامل الجوية يؤدى الـــى تنقير وتآكل ســـطح الحجـــر .

(٨) اختبار الوزن الحجمى والوزن النوعى للاحجار
Volumetric Weight and specific Weight tests

الغرض من الاختبـــــار :

الغرض من اختبار الوزن الحجمى هو تحديد وزن المتر المكعب مـــن الأحجار بما فيها من فراغات • أما اختبار الوزن النوعى للأحجار فيهدف الـــى تحديد وزن وحدة الحجوم للحجر ولا يشمل هذا الحجم الفراغات الهوائيـــة • ويستعمل الوزن الحجمى لمعرفة أوزان الأحجار المستعملة فى المنشآت أما الـــوزن النوعى فيفيد فى تصميم الخلطات الخرسانية المستعمل فيها كسر هذه الأحجـــار •

العينـــــة :

تؤخذ عينة من الحجر المراد اختباره ذات شكل هندسى منتظم ــ ويمكـــن استعمال قطعة اختبار غير منتظمة الشكل •

الأجهـــزة المستعملـــة :

فرن تجفيف ــ ميزان حســـاس ــ مخبـــار مـــدرج

أ ــ خطوات اختبار الوزن الحجمـــى :

١ ــ تجفف عينة الاختبار اذا كانت بها نسبة رطوبة فى فرن تجفيـــف تتراوح درجة حرارته بين ١٠٠ ــ ١١٠ °م ثم تبرد فى مجفـــف وتوزن وليكن وزن الحجر و١ •

٢ - يحسب حجم العينة أو توضع العينة فى المخبار المدرج بعد وضع كمية من الماء به ذات حجم معلوم فيكون الزيادة فى حجم الماء بالمخبار المدرج مساويا لحجم العينة وليكن ح ١ .

النتائج :

الوزن الحجمى للحجر = $\frac{و١}{ح١}$

ب - خطوات اختبار الوزن النوعى :

١ - تجفف عينة الاختبار فى فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٠ - ١١٠ م° حتى يتم طرد أى رطوبة بالحجر ثم يبرد فى مجفف ويطحن الى مسحوق ناعم جدا قبل وزنه وليكن و ٢ .

٢ - يحسب حجم المسحوق بوضعه فى مخبار مدرج به كمية من الماء ذات حجم معلوم فيكون الزيادة فى حجم الماء بالمخبار هى حجم الحجر بدون فراغات وليكن ح ٢ .

النتائج :

الوزن النوعى للحجر = $\frac{و٢}{ح٢}$

ويلاحظ أن الفرق بين الوزن الحجمى والوزن النوعى للأحجار التى ليس بها فراغات مثل الجرانيت او البازلت صغير جدا يمكن اهماله أما فى حالة الأحجار التى بها نسبة عالية من الفراغات مثل الحجر الرملى والحجر الجيرى فهناك فرق كبير بين الوزن الحجمى والوزن النوعى لهذه الأحجار .

المناقشــــــة : Discussion
==========

١ ـ ما هى أهمية تعيين قيمة الوزن الحجمى والوزن النوعى للاحجـــار ٠

٢ ـ اشرح طريقة اجراء اختبار الوزن الحجمى والوزن النوعى للاحجـار ٠

٣ ـ أذكر النتائج المعملية لاختبارات الوزن الحجمى والوزن النوعـــى

أجريت على الأحجار بالمعمل وارسم الاجهزة المستعملة فى كل اختبـــار ٠

٤ ـ أذكر المتوسط التقريبى لوزن المتر المكعب من الاحجار الاتيــــة :

الحجر الجيرى ـ الجرانيت ـ البازلت ـ الرخــــام

* *

*

البـــــاب الثانـــــى

ركـــام الخرســـــــانـــة

Aggregates For Concrete

تتكون الخرسانة من حبيبات صخرية متماسكة مع بعضها بواسطة مادة لاحمــة وهى عبارة عن المادة الناتجة من اتحاد الأسمنت والماء • ويطلق اسم الركام علــــى هذه الحبيبات الصخرية • ويجب أن يكون الركام المستعمل فى الخرسانة ذا تدرج من من حبيبات صغيرة من الرمل الى حبيبات كبيرة من الزلط أو الأحجار المكسرة حتى يمكن الحصول على خرسانة جيدة • ويمثل الركام فى الخرسانة الجزء الخامل نسبيا ويشغـــل حوالى $\frac{3}{4}$ حجمها • وتتوقف خواص الخرسانة الناتجة على نوعية هذا الركـــــام وخواصه التى يمكن ايجازها فى الآتــــــى :

تقســـيم الركام :

يمكن تقسيم الركام الى ركام طبيعى وركام صناعـــى :

أ - ركام من المصادر الطبيعيـــة :

وهو الركام المأخوذ من المحاجر الطبيعية مثل الرمل والزلط وكسر الحجـــارة •

ب - ركام صناعــــــــى : وهو يشمل الاتـــــــى :

١ - ركام خبث الافران ويتم الحصول عليه بجانب الانتاج الرئيســى فـــى المصـــانع •

٢ - ركام مصنع للحصول على مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين المحروق •

٣ ـ ركام ملون للخرسانة المعمارية أو أغراض الزينة مثل حبيبات الزجاج والركام السيراميك ٠

ويمكن تقسيم الركام ايضا من حيث المقاس الى :

(١) ركام صغير : وهو مجموعة الحبيبات التى يمر معظمها (٩٥ ـ ١٠٠ ٪) من المنخل القياسى $\frac{٣}{١٦}$ بوصة مثل الرمل ٠

(٢) الركام الكبير : وهو مجموعة الحبيبات التى يحتجز معظمها (٩٥ ـ ١٠٠ ٪) على المنخل القياسى $\frac{٣}{١٦}$ بوصة مثل الزلط وكسر الاحجار ٠

(٣) الركام الشامل : وهو خليط من الركام الصغير والركام الكبير ٠

ويمكن تقسيم الركام من حيث شكل الحبيبات الى :

١ ـ ركام مدور ٢ ـ ركام زاوى

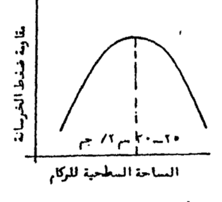
٣ ـ ركام مفلطح ٤ ـ ركام غير منتظم

وتتوقف خواص الخرسانة على نوع الركام المستعمل ، فالحبيبات المستديرة أكثر قابلية للانضغاط من الحبيبات الزاوية وبالتالى فهى تحتوى على فراغات أقل كما أنها تحتاج الى كمية أقل من الاسمنت لتغليف سطحها والحبيبات الغير منتظمة الشكل تعطى خرسانة صعبة التشغيل وتحتاج الى تغيير فى التدرج الحبيبى للحصول على درجة تشغيل أفضل لها ويكون ذلك بزيادة حبيبات الركام الصغيرة عن مثيلتها الحبيبات المستديرة ٠

وتختلف مسامية حبيبات الركام بعضها عن بعض ٠ فكلما زادت نسبة المسامية فى حبيبات الركام قلت قوة الخرسانة الناتجة ، فالخرسانة الناتجة باستعمال كسر الحجر

المستعمل فيها الركام المصنع خفيف الوزن تكون خرسانة خفيفة الوزن بالنسبة للخرسانة ثقيلة الوزن المستعمل فيها الركام ثقيل الوزن مثل الزلط ٠

ويجب أن يكون الركام المستعمل لعمل الخرسانة ذو تدرج جيد أى يحتوى على المقاسات المختلفة للركام - حتى تضمن للركام مساحة سطحية مناسبة لا تحتاج الى كمية كبيرة من الأسمنت وتكون الخرسانة الناتجة خالية من الفراغات فاذا استعمل ركام صغير فقط مع عجينة الأسمنت لتكوين خلطة خرسانية يكون الناتج خرسانة ضعيفة لأن المساحة السطحية للركام الصغير كبيرة (٦٠ - ١٠٠ سم٢ / جم) فلا تكفى عجينة الأسمنت لايجاد التماسك المطلوب لجميع حبيبات الركام وتحتاج الخلطة الخرسانية فى هذه الحالة لكمية مياه كبيرة وعند تبخرها تترك بالخرسانة فراغات كثيرة واذا استعمل ركام كبير فقط مع عجينة الأسمنت لتكوين الخرسانة يكون الناتج أيضا خرسانة ضعيفة لأن المساحة السطحية صغيرة ٠ (٢ - ٥ سم٢ /جم) ويكون تماسك حبيبات الركام على مساحة صغيرة فلا تستطيع مقاومة الأحمال كما أن عدم وجود الحبيبات الصغيرة يزيد من الفراغات الموجودة بالخرسانة ويزيد من صعوبة الدمك ومن هذا يتبين ضرورة استخدام ركام خليط من الركام الكبير والركام الصغير فى عمل الخرسانة حتى تكون الخرسانة الناتجة ذات مقاومة عالية نتيجة تقليل الماء اللازم للخلط وامكان الدمك لجعل الفراغات بين الحبيبات أقل مايمكن والمساحة السطحية تكون مناسبة لاحداث تماسك بين الحبيبات فتزيد مقاومة الخرسانة كما أن كمية الاسمنت المستعملة تكون مناسبة بالنسبة لهذه المساحة السطحية ٠ وقد وجد أن مقاومة الخرسانة فى الضغط تتأثر بالمساحة السطحية للركام كما بالشكل المبين ٠



التدرج الحبيبى :

هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض لتعيين مدى التوزيع الحجمى للحبيبات بالركام ويتم ذلك بعمل اختبار التدرج الحبيبى باستعمال مجموعة من المناخل القياسية ذات فتحات مختلفة توضع فوق بعضها بحيث يكون المنخل ذو الفتحة الكبيرة من أعلا يليه المنخل الأقل مقاسا وهكذا ... ثم يهز الركام فى مجموعة المناخل ويوزن المحجوز على كل منخل ومنه يعين المحجوز الكلى على كل منخل ومنه يعين النسبة المئوية للمحجوز الكلى على كل منخل بالنسبة لوزن الركام كله ثم تحسب النسبة المئوية للمار من كل منخل . وتستعمل نتائج هذا التحليل لرسم المنحنى البيانى للعلاقة بين مقاس فتحة كل منخل وبالنسبة المئوية للركام المار منه ويسمى هذا المنحنى بالمنحنى البيانى للتدرج .

المناخل القياسية : Standard Sieves

يكون مقاس فتحات المناخل القياسية المصرية والبريطانية كالآتى :

المواصفات	مناخل الركام الكبير			
البريطانية	"١ ١/٢	"٣/٤	"٣/٨	"٣/١٦
المصرية	٤٠ مم	٢٠ مم	١٠ مم	٥ مم

المواصفات	مناخل الركام الصغير					
البريطانية	"٣/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
المصرية	٥ مم	٥ر٢مم	٢٥ر١مم	٦٢٥ر٠مم	٣١٢ر٠مم	١٥٢ر٠مم

وهى مناخل ذات هيكل معدنى وفتحاتها مربعة وتسمى مناخل الركام الكبير
، فتحة المنخل بالبوصة او بالمليمتر ٠ أما فتحات المناخل للركام الصغير فتسمى
الفتحات فى البوصة الطولية ما عدا فتحة المنخل $\frac{٣}{١٦}$ بوصة ٠

سم البيانى للتدرج الحبيبى :

، المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى باحدى الطريقتين الآتيتين :

. الطريقة الحسابية : وفيها يمثل المحور الرأسى النسبة المئوية للمار من
كل منخل بينما يمثل المحور الافقى مقاس فتحة كل منخل بطريقة حسابية
أى :

المسافة أ د = $\frac{١}{٢}$ المسافة أ هـ

المسافة أ جـ = $\frac{١}{٢}$ المسافة أ د

المسافة أ ب = $\frac{١}{٢}$ المسافة أ جـ ٠٠٠٠٠ وهكذا

- الطريقة اللوغاريتمية : وفيها يمثل المحور الرأسى النسبة المئوية للمار من
كل منخل بينما يمثل المحور الافقى مقاس فتحة كل منخل بطريقة لوغاريتمية
بحيث :

أ ب = ب جـ = جـ د = د ل = ل م = م ن ٠٠٠ وهكذا

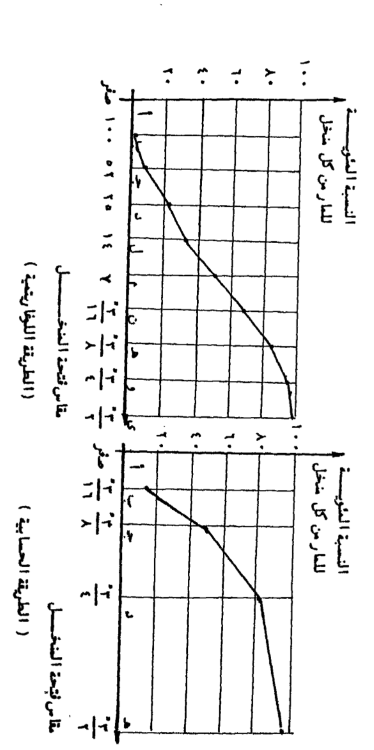
وتستخدم الطريقة الحسابية أو الطريقة اللوغاريتمية لرسم المنحنى البيانى
للتدرج الحبيبى لركام كبير أو ركام صغير ٠ أما فى حالة رسم المنحنى البيانى
للتدرج الحبيبى لركام خليط فيجب استعمال الطريقة اللوغاريتمية ٠

منحنى التدرج الحبيبي للركام الكبير : (وزن الركام = و)

مقاس فتحة المنخل	الوزن المحجوز على كل منخل	الوزن الكلي المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمار على كل منخل
١/٢ ١ "	أ	أ	(أ / و) × ١٠٠	١٠٠ ـ (أ / و) × ١٠٠
٣/٤ "	ب	أ + ب	((أ + ب) / و) × ١٠٠	١٠٠ ـ ((أ + ب) / و) × ١٠٠
٣/٨ "	جـ	أ + ب + جـ	((أ + ب + جـ) / و) × ١٠٠	١٠٠ ـ ((أ + ب + جـ) / و) × ١٠٠
٣/١٦ "	د	أ + ب + جـ + د	((أ + ب + جـ + د) / و) × ١٠٠	١٠٠ ـ ((أ + ب + جـ + د) / و) × ١٠٠
انـاء	هـ	—	—	—

منحنى التدرج الحبيبي للركام الصغير :

مقاس فتحة المنخل	الوزن المحجوز على كل منخل	الوزن الكلي المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمار على كل منخل
[illegible]/٦	أ	أ	(أ / و) × ١٠٠	١٠٠ − (أ / و) × ١٠٠
٧	ب	أ + ب	((أ + ب) / و) × ١٠٠	١٠٠ − ((أ + ب) / و) × ١٠٠
١٤	جـ	أ + ب + جـ	((أ + ب + جـ) / و) × ١٠٠	١٠٠ − ((أ + ب + جـ) / و) × ١٠٠
٢٥	د	أ + ب + جـ + د	((أ + ب + جـ + د) / و) × ١٠٠	١٠٠ − ((أ + ب + جـ + د) / و) × ١٠٠
٥٢	هـ	أ + ب + جـ + د + هـ	((أ + ب + جـ + د + هـ) / و) × ١٠٠	١٠٠ − ((أ + ب + جـ + د + هـ) / و) × ١٠٠
١٠٠	م	أ + ب + جـ + د + هـ + م	((أ + ب + جـ + د + هـ + م) / و) × ١٠٠	١٠٠ − ((أ + ب + جـ + د + هـ + م) / و) × ١٠٠
الـوعاء	ن	—	—	—



(الطريقة الحسابية)

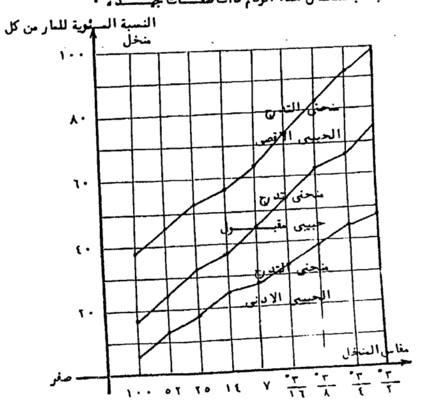
(الطريقة اللوغاريتمية)

الغرض من التدرج الحبيبى :

بمعرفة التدرج الحبيبى للركام الصغير والتدرج الحبيبى للركام الكبير يمكن الحصول على أى تدرج مطلوب لركام خليط منهما لاستخدامه فى الخلطات الخرسانية حتى نضمن للخلطة الخرسانية وهى طازجة سهولة التشغيل وللخرسانة بعد تصلدها المقاومة المطلوبة لتحمل الأحمال والوفرة فى التكاليف باستعمال أقل كمية من الأسمنت .

حدود التدرج الحبيبى :

مما سبق يتضح أنه لا يصلح أى تدرج حبيبى لركام للاستعمال فى عمل خلطة خرسانية لها صفات جيدة . ولذلك تحدد المواصفات منحنى تدرج يعطى الحد الأقصى للنسبة المئوية للمار من كل منخل ومنحنى تدرج يعطى الحد الأدنى للنسبة المئوية للمار من كل منخل كما فى الشكل . ويجب أن يقع منحنى التدرج الحبيبى الشامل للركام فى المنطقة الواقعة بين هذين المنحنيين حتى تكون الخرسانة الناتجة باستعمال هذا الركام ذات صفات جيدة .



حدود التدرج الحبيبي

ولقد قام مجموعة من الباحثين أمثال "فولر" و "فيرى" و "بولومى" وآخرين بتكوين مجموعة من منحنيات تدرج مثالية تعطى أحسن تدرج للركام • وكلما كان الركام المستعمل قريبا من هذه التدرجات كلما كانت الخرسانه الناتجة ذات خواص جيدة • ونظرا للتقدم الكبير فى استخدام المعدات و الاجهزة الحديثة الميكانيكية فى جميع مراحل صناعة الخرسانة ولزيادة جودة الأسمنت فى الزمن الحالى لم يعد التدرج الحبيبي للركام الأهمية الأولى للوصول الى خرسانة جيدة •

والجداول الآتية توضح منحنيات التدرج الحبيبي لكل من "فولر" و "فيرى" و "بلومى" ومنحنيات التدرج الحبيبي التى تحددها المواصفات البريطانية وابحاث هيئة الطرق •

حيث :

أ - منطقة التدرج الأولى : وتمثل حدود الركام الصغير الخشن •

ب - منطقة التدرج الثانية : وتمثل حدود الركام الصغير المتوسطة •

ج - منطقة التدرج الثالثة : وتمثل حدود الركام الصغير الناعم •

د - منطقة التدرج الرابعة : وتمثل حدود الركام الصغير الناعم جدا •

جـــدول منحنيات التدرج الحبيبي " لفولر " و " فـيرى " و " بولومـــى "

مقـــاس المنخـــل	٣"/٢	٣"/٤	٣"/٨	٣"/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
فولـــر	١٠٠	٦٢٫٥	٤٣٫٥	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٣٫٥	٧
فـيرى	١٠٠	٦٧	٥١٫١	٣٩٫٧	٣١٫٨	٢٢٫٧	١٣٫٥	٨٫٥	٣٫٤
بولومـــى	١٠٠	٦٩٫٣	٤٦٫٥	٣٢٫٤	٢١٫٧	١٤	٨٫٧	٤٫٥	٢

جدول حدود التدرج الحبيبي للركام الصغير (رمل) المستعمل في أعمال الخرسانة المسلحة

رقم المنخل (مم)	النسبة المئوية المارة من المنخل بالوزن			
	منطقة التدرج الأولى Coarse	منطقة التدرج الثانية med	منطقة التدرج الثالثة fine	منطقة التدرج الرابعة v.fine
١٠	٤٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٥	٩٠ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠	٩٥ ـ ١٠٠
٢ر٥	٦٠ ـ ٩٥	٧٥ ـ ١٠٠	٨٥ ـ ١٠٠	٩٥ ـ ١٠٠
١ر٢٥	٣٠ ـ ٧٠	٥٥ ـ ٩٠	٧٥ ـ ١٠٠	٩٠ ـ ١٠٠
٠ر٦٣	١٥ ـ ٣٤	٣٥ ـ ٥٩	٦٠ ـ ٧٩	٨٠ ـ ١٠٠
٠ر٣١	٥ ـ ٢٠	٨ ـ ٣٠	١٢ ـ ٤٠	١٥ ـ ٥٠
٠ر١٦	صفر ـ ١٠	صفر ـ ١٠	صفر ـ ١٠	صفر ـ ١٥

جدول تدرج الركام الكبير (الزلط) المستعمل فى أعمال الخرسانة المسلحة

	مقاس المنخل	المقاس الاعتبارى الأكبر				
	(مم)	٤٠ مم	٣٠ مم	٢٥ مم	٢٠ مم	١٥ مم
النسبة المئوية للمار	٣٨ر١	٩٥ ـ ١٠٠	—	—	—	—
	٣٢	—	٩٥ ـ ١٠٠	—	—	—
	٢٢ر٦	—	—	٩٥ ـ ١٠٠	—	—
	١٩	٣٠ ـ ٧٥	٥٠ ـ ٨٥	٧٥ ـ ٩٥	٩٥ ـ ١٠٠	١٠٠
	١٦	—	—	—	—	٩٠ ـ ١٠٠
	٩ر٥١	١٠ ـ ٤٠	١٥ ـ ٥٠	١٧ر٥ ـ ٥٥	٢٠ ـ ٦٠	٤٠ ـ ٨٠
	٤ر٧٦	صفر ـ ٥	صفر ـ ٥	صفر ـ ٧ر٥	صفر ـ ١٠	صفر ـ ١٠

جدول التدرج الحجيبي للركام الشامل (للرمل والزلط) المستعمل في الاعمال الخرسانية المسلحة

رقم المنخل مم	المقاس الاعتباري الأكبر				
	٤٠ مم	٣٠ مم	٢٥ مم	٢٠ مم	١٥ مم
٣٨ر١	٩٥ ـ ١٠٠	—	—	—	—
٣٢	—	٩٥ ـ ١٠٠	—	—	—
٢٢ر٦	—	—	٩٥ ـ ١٠٠	—	—
١٩	٤٠ ـ ٨٠	٦٥ ـ ٩٠	٧٥ ـ ٩٥	٩٥ ـ ١٠٠	—
١٦	—	—	—	—	٩٠ ـ ١٠٠
٩ر٥١	٣٠ ـ ٦٠	٣٥ ـ ٧٠	٤٠ ـ ٧٠	٥٠ ـ ٧٥	٦٠ ـ ٨٥
٤ر٧٦	٢٠ ـ ٥٠	٢٠ ـ ٥٠	٢٠ ـ ٥٠	٢٥ ـ ٥٥	٣٠ ـ ٦٥
٢ر٨٣	—	—	—	—	—
١ر٤١	—	—	—	—	—
ر٧٠٧	٣ ـ ٣٠	٣ ـ ٣٠	٣ ـ ٣٠	٥ ـ ٣٥	٥ ـ ٣٥
ر٣٥٤	—	—	—	—	—
ر١٧٧	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر

حدود المواصفات البريطانية لتدرج الركام لطبقة الأساس وطبقة السطح بالطرق

رقم المنخل	٣"	٣/٢"	٣/٨"	٣/١٦"	٢٥	٢٠٠
النسبة المئوية للمار	١٠٠	١٠٠ ــ ٨٥	١٠٠ ــ ٤٥	٨٥ ــ ٢٥	٤٥ ــ ٨	١٠ ــ صفر

تدرج الركام الخليط المستخدم فى أبحاث الطرق بانجلترا

رقم المنخل	النسبة المئوية للمار							
	٣/٤"	٣/٨"	٣/١٦"	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
التدرج (١)	١٠٠	٤٥	٣٠	٢٣	١٦	٩	٢	صفر
التدرج (٢)	١٠٠	٥٥	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٣	صفر
التدرج (٣)	١٠٠	٦٥	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	٥	صفر
التدرج (٤)	١٠٠	٧٥	٤٨	٤٢	٣٤	٢٧	١٢	٥ر١

مثـــال (١)

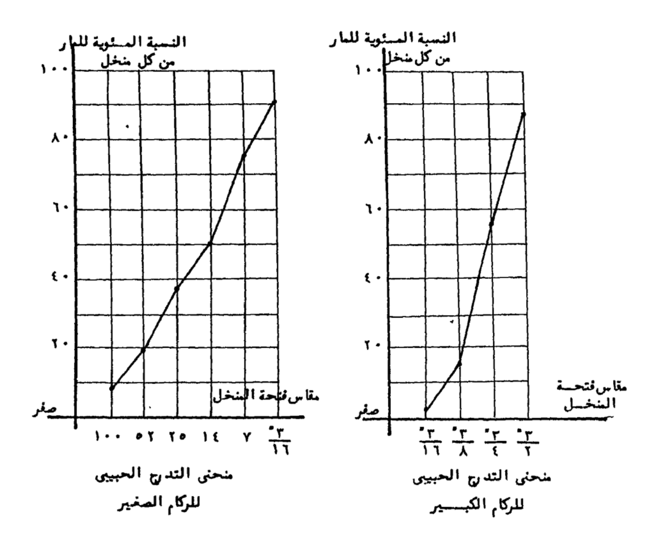
ارسم المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى لركام صغير (رمـل) والمنحـنى البيانى للتدرج الحبيبى لركام كبير (زلط) علما بان الوزن الكلى للركام الصغـير ١٠٠٠ جم والوزن الكلى للركام الكبير ١٠٠٠٠ جـم ونتائج اختبار التدرج الحبيبى لكل ركام كما بالجدولين الآتيين :

نتائج اختبار التدرج الحبيبى للركام الكبير :

مقاس فتحة المنخل	المحجـوز على كـل منخـل	المحجـوز الكلى على كل منخـل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخـل	النسبة المئوية للمار من كل منخل
٣/٢ "	١٢٠٠	١٢٠٠	١٢	٨٨
٣/٤ "	٣٢٥٠	٤٤٥٠	٤٤٫٥	٥٥٫٥
٣/٨ "	٤١٥٠	٨٦٠٠	٨٦	١٤
٣/١٦ "	١٣٠٠	٩٩٠٠	٩٩	١
الاناء	١٠٠	—	—	—

نتائج اختبار التـــدرج الحبيبي للركـام الصغير :

فتحة المنخل	المحجوز على كل منخـل	المحجـوز الكلى على كل منخل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمار علـــى كل منخـل
"٣/١٦	١٠٠	١٠٠	١٠	٩٠
٧	١٥٠	٢٥٠	٢٥	٧٥
١٤	٢٥٠	٥٠٠	٥٠	٥٠
٢٥	١٣٠	٦٣٠	٦٣	٣٧
٥٢	١٨٠	٨١٠	٨١	١٩
١٠٠	١١٠	٩٢٠	٩٢	٨
الانـاء	٨٠	—	—	—


النسبة المئوية للمار
من كل منخل
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
مقاس فتحة المنخل
١٠٠ ٥٢ ٢٥ ١٤ ٧ $\frac{3''}{16}$
منحنى التدرج الحبيبى
للركام الصغير
النسبة المئوية للمار
من كل منخل
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
مقاس فتحة المنخل
$\frac{3''}{16}$ $\frac{3''}{8}$ $\frac{3''}{4}$ $\frac{3''}{2}$
منحنى التدرج الحبيبى
للركام الكبير

معايـــــر النعومـــــــة : **Modulus of Finness**

هو مجموع النسب المئوية المحجوزة من الركام على كل منخل من المناخـــل القياسية التسعة ($\frac{٣}{٢}$ ، $\frac{٣}{٤}$ ، $\frac{٣}{٨}$ ، $\frac{٣}{١٦}$ ، ٧ ، ١٤ ، ٢٥ ، ٥٢ ، ١٠٠) مقسوما على ١٠٠ وهو يدل على متوسط مقاس الركـــــام وتتراوح قيمته للرمل بين (٢ ـــ ٣٫٧٥) وللزلط بين (٥ ـــ ٨) ويستخـــدم فى بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية •

التدرج الحبيبى الشامـــــل :

هو التدرج الحبيبى لركام خليط من الركام الصغير والركام الكبير ويمكـــن الحصول عليه اذا علم التدرج الحبيبى للركام الصغير والركام الكبير كل على حـــدة بخلط الركام الصغير والركام الكبير بنسبة معينة فى الخلطة الخرسانيـــــة (١ : ٢ أو ٢ : ٣) أو تجميعهما للحصول على منحنى تدرج للركـــام الخليط يشابه منحنى تدرج حبيبى معلوم ومرغوب الحصول عليه حتى تكون الخلطـة الخرسانية المستعملة ذات خواص جيـــدة •

المقاس الاعتبـــارى الأكـــبر :

هو مقاس أصغر فتحة منخل يسمح بمرور ٩٥ ٪ من الركام الكبير على الأقـــل ويجب ألا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام عـن $\frac{١}{٤}$ ـــ $\frac{١}{٥}$ أقل بعد فـــى الجسم الخرسانى وألا يزيد عن $\frac{٢}{٣}$ ـــ $\frac{٣}{٤}$ المسافة الخالصة بين حديد التسليح حتى يكون هناك سهولة فى صب الخرسانة ولا يحدث تعشيش داخل الخرسانة بسترك

بداخلها فراغات وكلما زاد المقاس الاعتبارى الأكبر كلما زاد وزن الخرسانة وتحسنت نسبيا مقاومة الخرسانة مع وفر فى الأسمنت المستعمل لقلة المساحة السطحية للركام .

مثـــــال (١) :

الجدول الآتـــى يبين التدرج الحبيبى لكل من الزلط والرمل ، والمطلوب ايجاد التدرج الحبيبى لركام خليط من الرمل والزلط بنسبة ١ : ٢ بطريقـــة حسابية وأخرى بيانيـــة :

أولا : الطريقـــة الحسابيـــة :

بفرض أن نسبة خلط الرمل : الزلط = م : ن = ١ : ٢

$$\text{ع} = \frac{\text{م س}}{\text{م} + \text{ن}} + \frac{\text{ن ص}}{\text{م} + \text{ن}} = \frac{\text{س}}{٣} + \frac{٢\text{ص}}{٣}$$

النسبة المئوية للمار (رمل)

النسبة المئوية للمار (زلط)

ف ، هـ ، جـ ، ن ، ل ، ع ، س ، ص ، أ ، و ، د

النسبة المئوية $\frac{\text{رمل}}{\text{خليط}}$

$\frac{\text{ن}}{\text{م} + \text{ن}} \times ١٠٠$ ، $\frac{\text{م}}{\text{م} + \text{ن}} \times ١٠٠$

رقم المنخل	النسبة المئوية للمار								
	$\frac{١}{٢}$ ١″	$\frac{٣}{٤}$″	$\frac{٣}{٨}$″	$\frac{٣}{١٦}$″	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
الرمل = س	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٦	٨١	٦٠	٤٥	٢٤	٦
الزلط = ص	٩٦	٧٥	٣٦	٣	—	—	—	—	—
$\frac{س}{٣}$	٣٣٫٣	٣٣٫٣	٣٣٫٣	٣٢	٢٧	٢٠	١٥	٨	٢
$\frac{٢}{٣}$ ص	٦٤	٥٠	٢٤	٢	—	—	—	—	—
الخليط ع = $\frac{س}{٣}$ + $\frac{٢}{٣}$ ص	٩٧٫٣	٨٣٫٣	٥٧٫٣	٣٤	٢٧	٢٠	١٥	٨	٢
بيانيـــــا	٩٧٫١	٨٣٫٣	٥٧٫٢	٣٤	٢٧	٢٠	١٥	٨	٢

ثانيـــا : الطريقـة البيانيـــــة :

لإيجاد الحل البياني أختبر ثلاثة محاور كما بالشكل ، حيث المحور الأفقي يمثل النسبة المئوية للرمل الى الخليط والمحوران الرأسيان أحدهما يمثل النسبة المئوية المارة للرمل والآخر يمثل النسبة المئوية المارة للزلط ويأخذ أ ب = س = النسبة المئوية المارة من الرمـل لأحد المناخل وليكن منخل $\frac{٣}{٨}$" مثلا ويأخـــذ د جـ = ص النسبة المئوية المارة من الزلط على نفس المنخل . ويأخـــذ خط رأسي و هـ بحيث د و = $\frac{\text{م}}{\text{م + ن}} \times ١٠٠$ و أ = $\frac{\text{ن}}{\text{م + ن}} \times ١٠٠$

حيث م : ن هي نسبة الرمل : الزلط ونفرض أن و هـ = ع وأن نقطة هـ تقع علـــى الخط الواصل بين نقطـــتي ب ، جـ .

∴ المثلثان هـ جـ ل ، هـ ب ف متشابهـــان

$$\frac{\text{ص} - \text{ع}}{\text{ع} - \text{س}} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$$

$$\text{ع م} - \text{م س} = \text{ن ص} - \text{ع ن}$$

$$\text{ع} = \frac{\text{ن}}{\text{م + ن}}\,\text{ص} + \frac{\text{م}}{\text{م + ن}}\,\text{س}$$

ومن هذا يتضح أن و هـ = ع = نفس القيمة السابق الحصول عليهـــا من الطريقة الحسابية . أي أن الخط ب جـ هو الحل الهندسي للنسب المئويـة المارة من هذا المنخل والممكن الحصول عليها من خلط الرمل والزلط بنسب مئويـة مكملة مثـــل :

$\frac{\text{م}}{\text{م + ن}} \times ١٠٠$ ، $\frac{\text{ن}}{\text{م + ن}} \times ١٠٠$. وعلى ذلك للحصول علــــى

النسب المئوية المارة للركام الخليط من الرمل والزلط بطريقة بيانية تتبع الخطوات الاتيــــة :

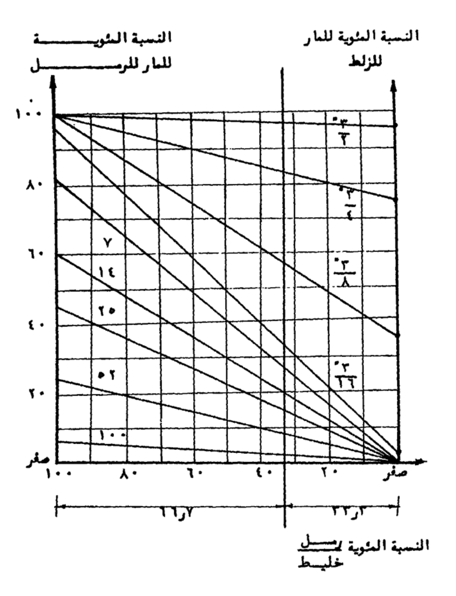
١ - يرسم بمقياس رسم مناسب مربع بحيث يمثل الاحداثى الرأسى الذى على اليسار النسبة المئوية المارة من الرمل والاحداثى الرأسى الذى على اليمين النسبة المئوية المارة من الزلط ويمثل الاحداثى الأفقى النسبة المئوية للرمل الى الخليط مع ملاحظة أن النسبة المئوية ١٠٠ ٪ عند الاحداثى الرأسى الخاص بالنسبة المئوية المارة من الرمـــل .

٢ - يوقع على المحور الرأسى للرمل النسب المئوية المارة من كل منخل ويوقع على المحـــور الرأسى للزلط النسب المئوية المارة من كل منخل .

٣ - توصل بخطوط مستقيمة النقط المماثلة للمناخل القياسية المتشابهـــة والواقعة على المحور الرأسى للنسبة المئوية للمار من الرمل والمحور الرأسى للنسبة المئوية للمار من الزلط فيمثل كل خط مستقيم واصل بين نقطتين متناظرتين المحل الهندسى للمنخل المناظر والذى يمكن منه الحصـــول على النسبة المئوية للمار من الركام الخليط الناتج من خلط الرمل والزلـــط بنسب مكملة تمثل $\frac{م}{م + ن} \times ١٠٠$ ، $\frac{ن}{م + ن} \times ١٠٠$.

٤ - يرسم خط رأسى مار بالنسبة المئوية $\frac{للرمـــل}{خليـــط} = \frac{م}{م + ن} \times ١٠٠$

= ٣٣٫٣٣٪ وتحدد نقط تقاطع هذا الخط مع خطوط المحال الهندسية للمناخل المختلفة فتعطى الاحداثيات الرأسية لنقط التقاطع النسب المئوية



تعيين النسبة المئويةللمار من كل منخل

بالطريقة البيانية

المارة من الركام الخليط على المناخل المختلفة وهى مدونة بأسفل الجدول السابق وهى نفس القيم التى تم الحصول عليها بالطريقة الحسابية .

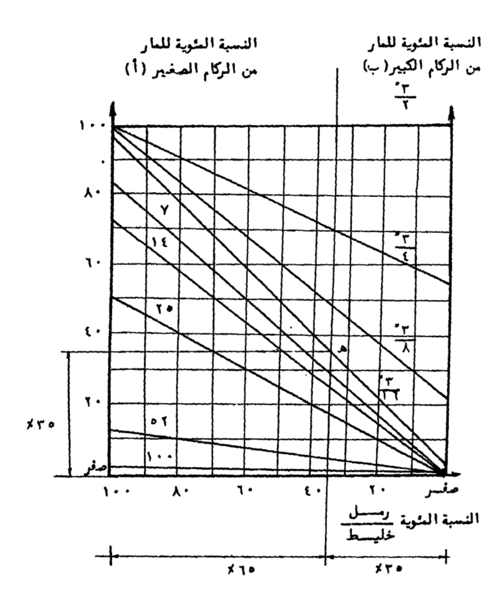
طريقة حساب نسبة خلط ركام صغير : ركام كبير (م : ن) للحصول على ركام خليط له تدرج معلوم :

غالبا ما يحتاج المهندس فى كثير من الأعمال الانشائية مثل رصف الطرق أو المطارات أو تثبيت التربة تحت خطوط السكك الحديدية أو تصميم خلطة خرسانية ذات مقاومة معينة أو عند انشاء الجسور — الى ركام خليط له تدرج معلوم يطابق المواصفات المطلوبة الخاصة بهذا العمل الانشائى . وفى كثير من الأحيان يمكن الحصول على هذا التدرج المعلوم والمطلوب للركام الخليط اما بخلط ركام أ بركام آخر ب له تدرج مختلف أو بخلط ٣ ركامات أ ، ب ، جـ من مصادر مختلفة ولها تدرجات مختلفة . ويفضل استعمال الطريقة البيانية السابق شرحها للوصول الى هذا التدرج المعلوم حيث أنها سريعة ويمكن بواسطتها الحصول على النتائج المطلوبة بسهولة واجراء أى تعديل سريع بمجرد النظر الى الرسم بدون أى حسابات .

مثال (٢) :

معلوم ركام صغير أ وركام كبير ب لكل منهما التدرج المبين بالجدول الآتى والمطلوب حساب نسبة خلط الركام الصغير والركام الكبير (م : ن) بحيث يكون الركام الخليط ذو تدرج مماثل للركام المعلوم المعطى بنفس الجدول .

مقاس المنخل	النسبة المئوية للمار على								
	٣″/٢	٣″/٤	٣″/٨	٣″/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
الركام الصغير أ	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٦	٨٣	٧٢	٥٠	١٢	٢
الركام الكبير ب	١٠٠	٥٥	٢٢	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
الركام الخليط المعلوم	١٠٠	٧٠	٤٩	٣٥	٣٠	٢٥	١٨	٥	١
الركام الخليط الناتج	١٠٠	٧١	٤٩	٣٥	٢٩٫٥	٢٥	١٧٫٥	٤٫٥	١


النسبة المئوية للمار
من الركام الصغير (أ)
النسبة المئوية للمار
من الركام الكبير (ب)
٣/٢
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
٧
١٤
٢٥
٥٢
١٠٠
٣/٤
٣/٨
٣/١٦
هـ
٪٣٥
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
النسبة المئوية رمل/خليط
٪٦٥
٪٣٥

للحصول على نسب خليط الركام الصغير أ والركام الكبير ب (م : ن)

المطلـــوب يتبـــع الاتـــــــى :

١ ــ تكرار الخطوات السابقة من ١ : ٣ للحصول على المحال الهنـدسية للمناخل التسعة والخاصة بخلط الركامين أ ، ب بأى نســب ٠

٢ ــ نظرا لان المنخل $\frac{٣"}{١٦}$ هو المنخل الذى يفصل بين الركام الصغـــير والركام الكبير فان نسبة الرمل بالركام الخليط المعلوم ٣٥٪ ولتحقيق ذلـك يرسم خط أفقى يوازى المحور الافقى وعلى مسافة رأسية منه = ٣٥٪ ليقابل المحل الهندسى للمنخل $\frac{٣"}{١٦}$ عند نقطة هـ ٠

٣ ــ يرسم خط رأسى من نقطة هـ ليقطع المحور الافقى عند النسبة المئويـــة $\frac{\text{الرمـــل}}{\text{خليـــط}}$ = ٣٥٪ (أى أن م : ن = ٣٥ : ٦٥ = ٧ : ١٣) وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحـــال الهندسية الخاصة بالمناخل الأخرى النسب المئوية للمار على المناخـــل الأخرى والناتجة من خلط الركام أ والركام ب بنسبة ٧ : ١٣ وهـــذه النسبة مدونـــة بالجدول الســابق ٠

٤ ــ اذا كان هناك فرق بين هذه النسب والنسب المئوية للمار للركام الخليـــط المعلوم يمكن تحريك الخط الرأسى الناتج فى الخطوة (٣) الى اليمين أو اليسار قليلا ليعطى تدرج أقرب الركام المعلوم ٠

واذا فرضنا أن الركام الصغير أ والركام الكبير ب مطلوب خلطهمـــــا للحصول على ركام خليط معلوم له التدرج الخاص بمنحنى "فولر" والمعطـــى في الجدول الاتى لكانت النسبة المئوية المارة للركام الخليط الناتج على المناخـل المختلفة كما هو مبين بنفس الجدول .

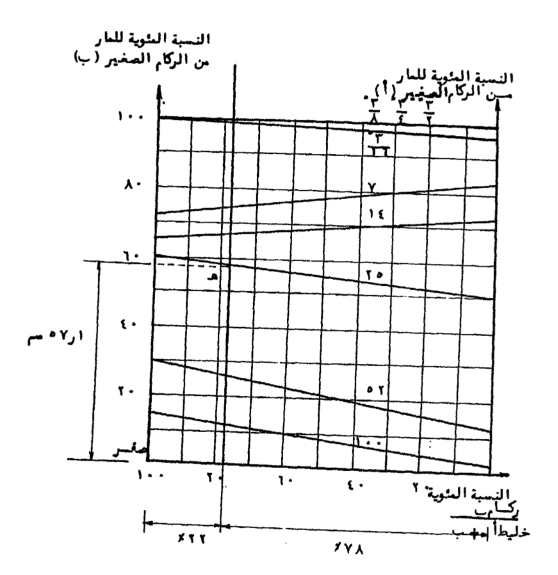
ويلاحظ أن هناك فرق ملحوظ في قيم النسبة المئوية للمار على المنخلـين ٥٢ ، ١٠٠ وهذا ناتج من أن الركام أ ينقصه مقاس الركام الخاص بهذيـن المنخلين (أى أن الركام الصغير يعتبر خشنا) وللحصول على ركام خليط ناتـج أقرب الى منحنى فولر يلزم استعمال نوعين من الركام الصغير أحدهما خشن والآخـر ناعم للحصول على ركام صغير خليط منهما ذو تدرج مناسب يتم خلطه بالركام الكبير المستعمل . والمثـــال الاتى يوضح الخطوات اللازمة لذلـــك .

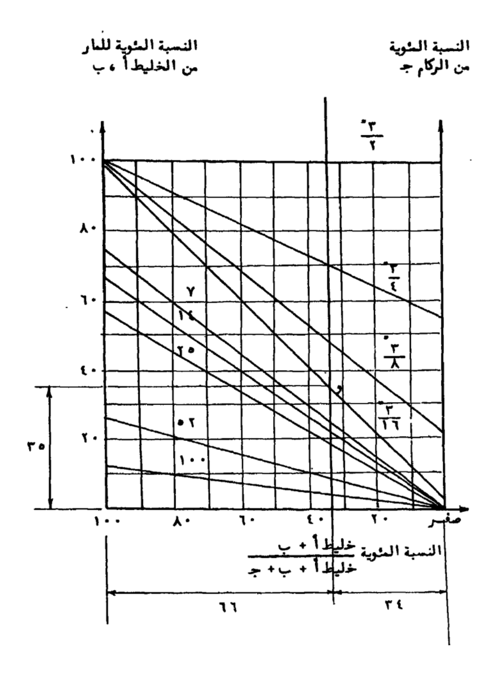
مثـــــال (٣) :

الجدول الاتى يبين التدرج الحبيبى الخاص بركام صغير خشن أ وركـــام صغير ناعم ب وركام كبير جـ والتدرج الحبيبى الخاص بفولر -
المطلوب تحديد نسب خلط الركام أ : الركام ب : الركام جـ للحصول علـــى التدرج الحبيـــبى لفولـــر .

مقاس المنخل	النسبة المئوية للمار طبقى								
	٣°/٢	٣°/٤	٣°/٨	٣°/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
منحنى فولر	١٠٠	٦٢٫٥	٤٣٫٥	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٣٫٥	٧
الركام الخليط الناتج	١٠٠	٧١	٤٩	٣٥	٢٩٫٥	٢٥	١٧٫٥	٤٫٥	١

مقاس المنخل	النسبة المئوية للمار على								
	$\frac{3''}{2}$	$\frac{3''}{4}$	$\frac{3''}{8}$	$\frac{3''}{16}$	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
الركام الصغير أ (خشن)	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٦	٨٣	٧٢	٥٠	١٢	٢
الركام الصغير ب (ناعم)	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٢	٦٥	٦٠	٣٠	١٥
الركام الكبير جـ	١٠٠	٥٥	٢٢	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
منحنى فولــر	١٠٠	٥ر٦٢	٥ر٤٣	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	٥ر١٣	٧
خليط أ + ب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٩	٥ر٧٤	٥ر٦٦	٥٧	٢٦	١٢
خليط أ + ب + جـ	١٠٠	٧٠	٤٨	٣٥	٢٦	٢٣	١٩	٩	٤


النسبة المئوية للمار
من الركام الصغير (ب)
النسبة المئوية للمار
من الركام الصغير (أ)
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
١ر٥٧ سم
٧
١٤
٢٥
٥٢
١٠٠
هـ
١٠٠
٢٠
٦٠
٤٠
النسبة المئوية ٢
ركام ب
خليط أ + ب
٢٢٪
٧٨٪



النسبة المئوية للمار من الخليط أ ، ب
النسبة المئوية من الركام جـ
٣/٢
٣/٤
٣/٨
٣/١٦
٧
١٤
٢٥
٥٢
١٠٠
٩
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
٣٥
صفر
النسبة المئوية خليط أ + ب / خليط أ + ب + جـ
٦٦
٣٤

الحـــــل :

للحصول على خليط للركامات أ ، ب ، جـ يطابق منحنى فولر المعطى بخلـط أولا الركام الصغير أ مع الركام الصغير ب كالاتــى :

١ — يتم الحصول على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلـط الركامين أ ، ب بأى نسب وذلك بجعل المحورين الرأسيين أحدهمـا يمثل النسبة المئوية للمار من الركام الصغير ب والمحـور الآخر يمثـل النسبة المئوية للمار من الركام الصغير أ وبجعل المحور الأفقى يمثـل النسبة المئوية $\frac{\text{ركـام ب}}{\text{خليط أ + ب}}$.

٢ — النسبة المئويةللمار من منخـل $\frac{٣}{١٦}$ " فى منحنى فولر هى ٣٥٪ (أى أن منحنى فولر يحتوى على ٣٥٪ ركام صغير ٦٥٪ ركام كبير) . ونظـرا لأن المنخل الذى يفصل بين الركام الصغير الناعم والركام الصغير الخشن هو منخل رقم ٢٥ . ونظرا لأن المار من هذا المنخل بالنسبة لمنحـنى فولر هو ٢٠٪ (أى أن منحنى فولر يحتوى على ٢٠٪ ركام صغير ناعـم ١٥٪ ركام صغير خشن) فتكون النسبة المئوية للركام الصغير الناعـم ب بالنسبة للركام الصغير كله هـى $\frac{٢٠ \times ١٠٠}{٣٥}$ = ٥٧,١ .

٣ — يرسم خط أفقى يوازى المحور الأفقى وعلى ارتفاع منه = ٥٧,١ ليقطـع المنخل رقم ٢٥ فى نقطة هـ ثم يرسم من هـ خط رأسى ليقطع المحور الأفقى عند النسبة المئوية $\frac{\text{ركام صغير ناعم ب}}{\text{ركام صغير أ + ركام صغير ب}}$ = ٧٨ .

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب المئوية للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خلط الركامين أ ، ب بنسبة ٢٢ : ٧٨ وهذه النسبة مدونة بالجدول السابق .

٤ - يتم الحصول بنفس الطريقة السابقة على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلط الركام الخليط الناتج من خلط الركام أ والركام ب بالركام جـ بأى نسب كما هو مبين بالرسم وذلك بجعل أحد المحورين الرأسيين يمثل النسبة المئوية للمار من الخليط أ + ب والمحور الآخر يمثل النسبة المئوية للمار من الركام جـ وجعل المحور الأفقى يمثل النسبة المئوية $\frac{\text{خليط أ + ب}}{\text{خليط أ + ب + جـ}}$.

٥ - يرسم خط أفقى يوازى المحور الأفقى ويبعد عنه مسافة ٣٥٪ ليقطع المنخل $\frac{٣''}{١٦}$ عند نقطة و . ثم يرسم من نقطة و خط رأسى ليقطع المحور الأفقى عند النسبة المئوية $\frac{\text{خليط أ + ب}}{\text{خليط أ + ب + جـ}}$ = ٣٤ .

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب المئوية للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خلط الركام أ + ب والركام جـ بنسبة ٣٤ : ٦٦ وهذه النسب مدونة بالجدول السابق .

∴ نسب خلط ركام أ : ركام ب : ركام جـ

٠,٢٢ : ٠,٧٨

٠,٢٢ × ٣٤ : ٠,٧٨ × ٣٤ : ٦٦

∴ نسبة الخلط ١ : ٣,٥٥ : ٨,٨٢

وفى بعض الأحيان يلزم خلط ركام كبير أ ذو حبيبات كبيرة مع ركام كبير ب ذو حبيبات أصغر ثم خلط الركام الخليط الناتج بركام صغير جـ للحصول على الركام ذو التدرج المعلوم والمطلوب كما بالمثال الاتى :

مثـــــــال (٤) :

الجدول الاتى يبين التدرج الحبيبى لركام كبير أ وركام كبير آخر ب وركام صغير جـ .

والمطلوب تحديد النسب اللازمة لخلط الركام أ : الركام ب : الركام جـ للحصول على التدرج الحبيبى المعلوم والمبين فى نفس الجدول .

مقاس المنخل	٣"/٢	٣"/٤	٣"/٨	٣"/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
	النسبة المئوية للمار								
الركام الكبير أ مقاس صغير	١٠٠	٩٠	٤٠	٧	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
الركام الكبير ب مقاس كبير	٩٦	٤٠	١٥	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
الركام الصغير جـ	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠	٧٥	٤٥	٢٠	٢
الركام المطلوب	١٠٠	٦٣	٥٣	٤٠	٣٢	٢٥	١٤	٩	٢
الخليط أ + ب	٩٦	٤٥	١٧	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
الركام الخليط الناتج أ + ب + جـ	٩٧	٦٦	٤٩	٤٠	٣٥	٢٩	١٢٫٥	٨	١

الحـــــــل :

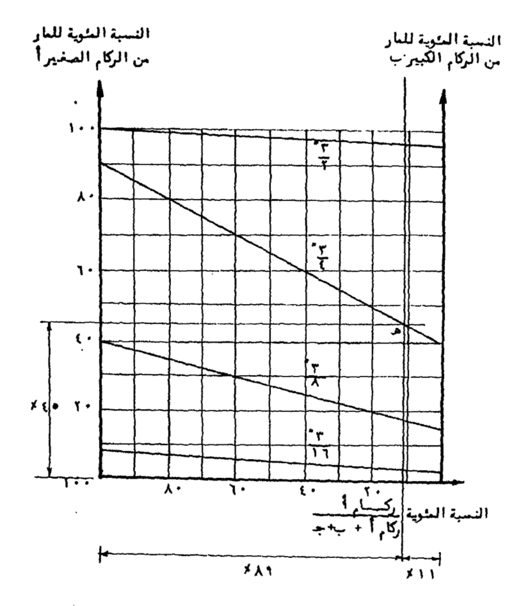
للحصول على خليط للركام أ ، ب ، جـ يطابق التدرج الحبيبي للركـام المعلوم والمطعى يخلط أولا الركام الكبير أ مع الركام الكبير ب كالاتـــــــى :

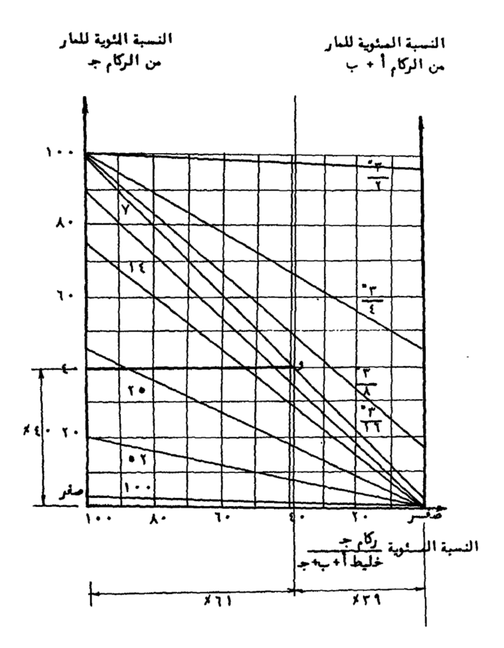
١ ـ يتم الحصول على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلطـــ الركامين أ ، ب بأى نسب وذلك بجعل المحورين الرأسيين أحدهما يمثل النسبة المئوية للمار من الركام الكبير أ (مقاس صغير) والمحــور الآخر يمثل النسبة المئوية للمار من الركام الكبير ب (مقاس كبير) وجعـل المحور الافقى يمثل النسبة المئوية ركــام أ

$$\frac{\quad}{\text{ركام أ + ركام ب}}$$

٢ ـ النسبة المئوية للمار من منخل $\frac{٣"}{١٦}$ فى التدرج الحبيبى للركام المعلوم وهى ٤٠ ٪ (أى أن الركام المعلوم يحتوى على ٦٠ ٪ ركام كبير ، ٤٠ ٪ ركام صغير) . ونظرا لأن المنخل $\frac{٣"}{٤}$ هو المنخل الذى يفصل بين الركام الكبير ذو المقاس الكبير والركام الكبير ذو المقاس الصغير ونظـــرا لأن المار من هذا المنخل بالنسبة للركام المعلوم هو ٦٧ (أى أن الركام الكبير ذو المقاس الكبير بـالركام المعلوم هو ٣٣ ٪ ويكون الركام الكبـير ذو المقاس الصغير بالركام المعلـوم ٣٧ ٪) .

∴ النسبة المئوية للركام الكبير ذو المقاس الصغير بالنسبة للركـــام الكبير ذو المقاس الكبير = $\frac{٣٧ \times ١٠٠}{٦٠}$ = ٤٥ ٪


النسبة المئوية للمار
من الركام الصغير أ
النسبة المئوية للمار
من الركام الكبير ب
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
"٣/٢
"٣/٤
"٣/٨
"٣/١٦
هـ
٤٥٪
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
النسبة المئوية ركام أ / ركام أ + ب + جـ
٨٩٪
١١٪


النسبة المئوية للمار
من الركام جـ
النسبة المئوية للمار
من الركام أ + ب
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
٤٠٪
٧
١٤
٢٥
٥٢
١٠٠
٣/٢
٣/٤
٣/٨
٣/١٦
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
النسبة المئوية ركام جـ / خليط أ + ب + جـ
٦١٪
٣٩٪

٣ - يرسم خط أفقى يوازى المحور الافقى وعلى ارتفاع منه = ٤٥ ليقطع المحل الهندسى للمنخل رقم $\frac{٣}{٤}$" فى نقطة هـ . ثم يرسم من هـ خط رأسى ليقطع المحور الافقى عند النسبة المئوية $\frac{\text{ركام أ}}{\text{ركام أ + ركام ب}}$ = ١١ وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب المئوية للمار على المناخل الاخرى الناتجة من خلط الركامين أ ، ب بنسب ١١ : ٨٩ وهذه النسب مدونة بالجدول السابق .

٤ - يتم الحصول بنفس الطريقة السابقة على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلط الركام الخليط الناتج من خلط الركام الكبير "أ" والركام الكبير "ب" بالركام "جـ" بأى نسب كما هو مبين بالرسم وذلك بجعل أحد المحورين الرأسيين يمثل النسبة المئوية للمار من الخليط أ + ب والمحور الآخر يمثل النسبة المئوية للمار من الركام الصغير جـ وجعل المحور الافقى يمثل النسبة المئوية

$$\frac{\text{ركام جـ}}{\text{خليط أ + ب + جـ}}$$

٥ - يرسم خط أفقى يوازى المحور الافقى ويبعد عنه مسافة ٤٠ % ليقطع المنخل $\frac{٣}{٤}$" عند نقطة و . ثم يرسم من نقطة و خط رأسى ليقطع المحور الافقى عند النسبة المئوية $\frac{\text{ركام جـ}}{\text{خليط أ + ب + جـ}}$ = ٣٩ .

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب المئوية للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خلط الركام أ + ب والركام جـ بنسبة ٦١ : ٣٩ وهذه النسب مدونة بالجدول السابق .

∴ نسب خلط ركام أ : ركام ب : ركام جـ

١١ر٠	: ٨٩ر٠	:
١١ر٠ × ٦١	: ٨٩ر٠ × ٦١	: ٣٩
٧١ر٦	: ٢٩ر٥٤	: ٣٩

وفى بعض الأحيان يطلب خلط ركام كبير أ مع ركام صغير ب بحيث يكـون الخليط الناتج له تدرج حبيبى يقع بين حدود التدرج الحبيبى التى تحدد هـا المواصفات . ففى هذه الحالات يمكن الوصول للتدرج المطلوب كما هو مبين بالمثال الاتـــى :

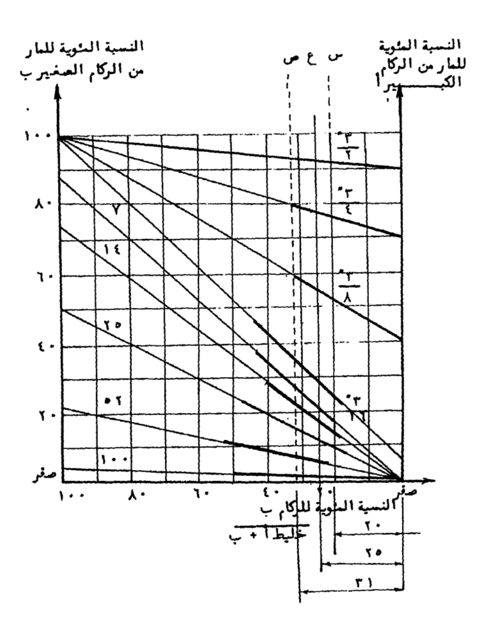
مثـــــال (٥)

المطلوب تعيين نسبة خلط الركام الكبير أ بالركام الصغير المبينـــان بالجدول الاتى للحصول على ركام خليط ذو تدرج حبيبى مطابق لحدود المواصفات المبينة بالجـدول الاتـــى .

الحــــل :

١ ـ ارسم المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلط الركامين أ ، ب بأى نسب كما سبق شرحه فى الأمثلة السابقة وكما هو مبين بالرسم الاتـــى .

مقاس المنخل	النسبة المئوية للمار على								
	٣″/٢	٣″/٤	٣″/٨	٣″/١٦	٧	١٤	٢٥	٥٢	١٠٠
ركام كبير أ	٩٠	٧٠	٤٢	٧	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر
ركام صغير ب	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٨٨	٧٤	٥٠	٢٢	٤
حدود المواصفات: عظمى	١٠٠	٨٠	٦٠	٤٧	٣٨	٣٠	٢٣	١١	٢
حدود المواصفات: صغرى	٨٠	٥٠	٣٦	٢٤	١٨	١٢	٧	٤	صفر
خليط الركامين أ ، ب بنسبة ٣ ، ١	٩٢	٧٧	٥٦	٢٩٫٥	٢٢	١٨	١٢	٥	١


النسبة المئوية للمار من الركام الصغير ب
النسبة المئوية للمار من الركام الكبير أ
س
ع
ص
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفر
٧
١٤
٢٥
٥٢
١٠٠
٣/٢
٣/٤
٣/٨
٣/١٦
النسبة المئوية للركام ب
خليط أ + ب
٢٠
٢٥
٣١

٢ — يحدد على المحل الهندسي لكل منخل النسب المئوية للحدود المنصوص عليها في المواصفات بنقطتين يصل بينهما خط بسمك أكبر ٠

٣ — فالمحل الهندسي للمنخل مقاس ١٠٠ تحدد عليه نقطتين هنا عند النسبة المئوية للمار ٢ ، صفر والمحل الهندسي للمنخل مقاس ٥٢ تحدد عليه نقطتين عند النسبة المئوية للمار ١١ ، ٤ وتم رسم خط بسمك أكبر يصل بين كل نقطتين ٠٠٠٠٠ الخ ٠

٤ — نظرا لأن الحد الادنى والحد الأقصى للنسب المنصوص عليها في حدود المواصفات لكل مقاس من الركام لا تقع تحت خط رأسي واحد ونظرا لأن النهايات العظمى والنهايات الصغرى للنسب المئوية للمار من كل منخل مختلفة برسم خطين رأسيين س ، ص ليحصرا بينهما جميع النسب التي يمكن بها خلط الركامين أ ، ب كما هو مبين بالرسم ٠

٥ — من الرسم يتضح أن نسب خلط الركام الصغير ب : الى الركام الكبير أ تتراوح بين ٢٠ ٪ — ٣١ ٪ ، ٨٠ ٪ — ٦٩ ٪ ٠

فمثلا يمكن خلط الركام ب بالركام أ بنسبة ٢٥ : ٧٥ مثلا ويحدد النسب المئوية للمار الخليط من كل منخل بواسطة الخط الرأسي ع والمبين بالرسم وهذه النسب مبينه بالجدول السابق أيضا ٠

* *

*

تعيين المساحة السطحية لحبيبات الركام

Surface area of aggregates

١ – تأثير المساحة السطحية للركام على خواص الخرسانة :

تعتبر المساحة السطحية لحبيبات الركام من أهم العوامل التى تؤثر على مقاومة الخرسانة للأحمال حيث أن حبيبات الركام تتماسك مع بعضها بواسطة عجينة الأسمنت المنتشرة على المساحة السطحية للحبيبات المكونة للركام . فاذا استعملنا خرسانة مكونة من زلط وأسمنت وماء تكون الخرسانة الناتجة :

أ – خرسانة ذات مقاومة ضغط صغيرة لأن المساحة السطحية للزلط صغيرة فهى تتراوح بين ٢ – ٥ سم ٢/ جم .

ب – تحتوى على فراغات لعدم وجود حبيبات صغيرة ولعدم امكان دمك حبيبات الركام

أما اذا استعملنا خرسانة تتكون من رمل وأسمنت وماء فان الخرسانة الناتجة تكون :

أ – خرسانة ذات مقاومة ضغط صغيرة لأن المساحة السطحية للرمل كبيرة فهى تتراوح بين ٦٠ – ١٠٠ سم ٢ / جم فلا يكفى الأسمنت لتغطية المساحة السطحية الكبيرة .

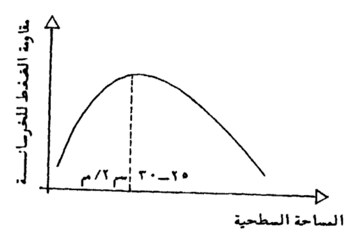
ب – يوجد بالخرسانة فراغات ناتجة من تبخر ماء الخرسانة اللازم لعملية الخلط حيث أن هذه الكمية تكون كبيرة جدا فى حالة الحبيبات الصغيرة . وأما اذا استخدم ركام خليط فى عمل الخرسانة فان الخرسانة الناتجة تحتوى على :

أ ـ مـــاء خـلط قـــليل •

ب ـ فراغات أقل لامكان الدمك التـــام •

جـ ـ مساحة سطحية كافية لايجاد تماسك بين الحبيبات تعطى مقاومة ضغـــط جهدة للخرسـانه •

ومن هذا يتبين أهمية دراسة تعيين المساحة السطحية لحبيبات الركام •



العلاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة والمساحة السطحيةللركـــــــام

٢ ـ طرق تعيين المساحة السطحية للركـــام :

هناك طريقتين لتعيين المساحة السطحية للركام . فى الطريقة الأولى تعتبر حبيبات الركام كرات وهى تصلح لركام الرمل أو حبيبات الزلط ذات الشكل الكـــــروى. وفى الطريقة الثانية يؤخذ فى الاعتبار أن حبيبات الركام لها أشكال مختلفة وهى تصلح للركام الكبير ذو الأشكال المختلفة ويمكن شرح هاتين الطريقتين كالاتــــــى :

أ ـ باعتبار أن حبيبات الركام عبارة عن كـرات :

لايجاد المساحة السطحية لحبيبات الركام باعتبار أن حبيباتـه عبارة عـــن كرات يجرى اختبار التدرج الحبيبى على الركام ـ وليكن وزنه الكلى W'' باستخدام المناخل القياسية (١) ، (٢) . الخ . ويحدد وزن الركام المحجوز على كل منخل وليكن W'_1 W'_2 ..... الــخ .

ثم يحسب المساحة السطحية لحبيبات الركــام .

ذات الحجم المعين والمحجوزة على كل منخــل .

كالاتـــــى :

W_1	(١)
W_2	(٢)
W_3	(٣)
W_4	(٤)
	(٥)
	(٦)
	انـــاء

نفرض أن وزن حبيبات الركام ذات الحجم المعين = W'

عدد حبيبات الركام = N

القطر المتوسط لحبيبات الركام = d

الوزن النوعى للركـــــام = W

وزن الركام ذا الحجم المعين =

$$\frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 \cdot N \cdot W$$

$$\frac{\pi d^3}{6} \cdot N \cdot W = W'$$

المساحة السطحية لحبيبات الركام

ذا الحجم المعين = $4 \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 N$

= $\pi d^2 \frac{6 W'}{\pi d^3 W}$

.·. المساحة السطحية للركام ذا الحجم المعين = $\frac{6 W'}{d W}$

وبذلك تكون المساحة السطحية للركام كله = $\left(\frac{6 W'_1}{d_1 W} + \frac{6 W'_2}{d_2 W} + \ldots \right.$

$\left. + \frac{6 W'_3}{d_3 W} + \ldots \right)$

حيث d_1 = مقاس المنخل رقم (١)

d_2 = $\frac{1}{2}$ (مقاس المنخل رقم (١) + مقاس المنخل رقم (٢))

d_3 = $\frac{1}{2}$ (مقاس المنخل رقم (٢) + مقاس المنخل رقم (٣)) ..الخ

وتكون المساحة السطحية لوحدة الوزن من الركـــام =

$\left(\frac{6 W'_1}{d_1 W} + \frac{6 W'_2}{d_2 W} + \frac{6 W'_3}{d_3 W} + \ldots \right) W''$

ب – باعتبار أن حبيبات الركام لها أشكال مختلفة :

فى هذه الطريقة تحسب المساحة السطحية لحبيبات الركام ذات الحجم المعين على أساس أن لها شكل كروى ثم تصحح المساحة السطحية المحسوبة بواسطة عوامل الشكل F_1 , F_2 , F_3 .... etc وبذلك تكون :

المساحة السطحية الحقيقية لوحدة الوزن من الركام =

$$\left(F_1 \times \frac{6\, w'}{d_1 w} + F_2 \times \frac{6\, w'_2}{d_2 w} \ldots \right) / w''$$

ولقد أثبتت الدراسات التى أجريت أن عوامل الشكل

F_1 , F_2 , F_3 .... etc

يمكن حسابها كالاتى :

F = المساحة الحقيقية لحبيبات الركام / مساحة حبيبات الركام ذات الشكل الكروى = نسبة الفراغات بالركام السائب / نسبة الفراغات بالركام المدموك

= ١ (فى حالة الحبيبات ذات الشكل الكروى) .

ويمكن تعيين قيمة F معمليا لكل مجموعة من الركام ذات الحجم المعين والوزن W' وذلك بملء اناء له حجم معين V ووزن الوعاء قبل وبعد ملئه بالركام السائب وتحدد بعد وزن الركام السائب W_L ثم ملء الأوعاء مرة ثانية بالركام على ثلاث طبقات واعطاء كل طبقة الدمك الكافى (٢٥ مرة بواسطة

قضيب الدمك القياسى) ثم وزن الاناء وتحديد وزن الركام الكامل الدمك W_C

ثم تعيين الوزن النوعى للركام W

نسبة الفراغات بالركام السائب = $\dfrac{W.V - W_L}{W.V}$

نسبة الفراغات بالركام المدموك = $\dfrac{W.V - W_C}{W.V}$

$$F = \frac{W.V - W_L}{W.V - W_C}$$

٣ - تعيين نسبة الركام الصغير الى الركام الكبير للحصول على خليط يحقق مساحة سطحية معلومة :

أولا : الطريقة الحسابية :

يمكن تحديد المساحة السطحية لركام خليط A_m من ركام صغير وركام كبير اذا علمت المساحة السطحية لكل منهما A_s , A_L على الترتيب وكانت نسبة خلط الركام الصغير للكبير = $m : n$ معلومة

$$A_m = A_S \frac{m}{m+n} + A_L \frac{n}{m+n} \qquad (1)$$

باعادة ترتيب هذه المعادلة :

$$\frac{m}{n} = \frac{A_m - A_L}{A_s - A_m} \qquad (٢)$$

ويمكن من المعادلة (٢) حساب نسبة خلط الركام الصغير للكبير اذا علمت المساحة السطحية لكل من الركام الصغير والكبير A_s , A_L ليعطي مساحة سطحية للخليط معلومة A_m .

ثانيا : الطريقة البيانية :

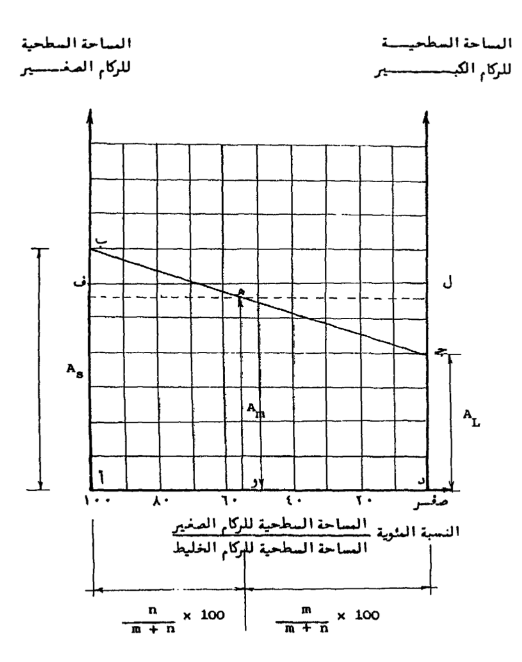
يمكن تعيين المساحة السطحية للركام الخليط اذا علمت المساحة السطحية للركام الصغير والركام الكبير ونسبة خلط الركام الصغير للركام الكبير بطريقة بيانية أيضا وتتلخص هذه الطريقة في الآتي :

تعتبر ثلاثة محاور كما بالشكل حيث المحور الافقي يمثل النسبة المئوية $\frac{\text{المساحة السطحية للركام الصغير}}{\text{المساحة السطحية للركام الخليط}}$ والمحوران الرأسيان أحدهما يمثل المساحة السطحية للركام الصغير والآخر يمثل المساحة السطحية للركام الكبير

ويأخذ أ ب = A_s = المساحة السطحية للركام الصغير

ويأخذ جـ د = A_L = المساحة السطحية للركام الكبير ويتحدد نقطة و على المحور الافقي بحيث

د و = $\frac{m}{m + n} \times 100$, وأ = $\frac{n}{m + n} \times 100$


المساحة السطحية
للركام الصغـــــير
المساحة السطحيـــة
للركام الكبـــــير
ب
ف
ل
هـ
جـ
A_s
A_m
A_L
أ
و
د
١٠٠
٨٠
٦٠
٤٠
٢٠
صفـر
النسبة المئوية المساحة السطحية للركام الصغير / المساحة السطحية للركام الخليط
$\frac{n}{m+n} \times 100$
$\frac{m}{m+n} \times 100$

حيث n : m هى نسبة خلط الركام الصغير : الركام الكبير على الترتيب فيكون و هـ هو المساحة السطحية للركام الخليط .

الاثبــــات :

∴ △ △ هـ جـ ل ، هـ ب ف متشابهان

$$\therefore \quad \frac{m}{n} = \frac{A_m - A_L}{A_s - A_m}$$ وهى المعادلة رقم (٢)

وباعادة ترتيب هذه المعادلة

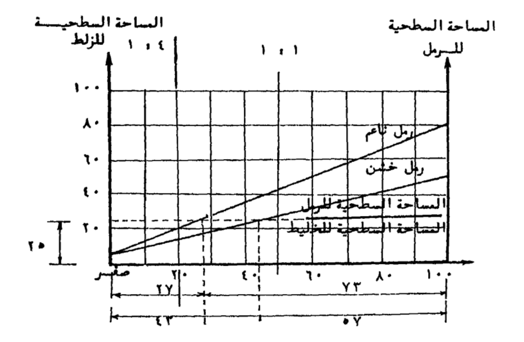
$$A_m = A_s \frac{m}{m+n} + A_L \frac{n}{m+n}$$ وهى المعادلة رقم (١)

أى أنه اذا علم A_L ، A_s وكان المطلوب ايجاد النسبة n : m الخلط الركام الصغير والركام الكبير ترسم خط أفقى ف ل على ارتفاع A_m من المحور الافقى ليقطع الخط ب جـ فى هـ فيحدد الخط الرأسى هـ ونسبة n : m المطلوبة .

مثـــال :

المعلوم نوعان من الرمل احدهما خشن له مساحة سطحية مقدارها ٥٠ سم٢ / جم والآخر ناعم مساحته السطحية ٨٠ سم٢ / جم كما يوجد نوع من الزلط مساحته السطحية ٥ سم٢ / جم . احسب نسبة خلط كل نوع من الرمل الى الزلط بحيث تكون المساحة السطحية للركام الخليط الناتج ٢٥ سم٢ / جسم فى كل حالة وكذلك احسب المساحة السطحية للركام الخليط

من الزلط مع كل من نوعى الرمــل بنسبة ١ : ١ ، ٤ : ١ • استعمـــــل كل من الطريقة الحسابية والطريقة البيانية •



الحـــــــل :

لايجـاد نسبة خلط الرمل الناعـم مع الزلط نعوض فى القانون (٢)

يخلط الرمل الناعم مع الزلط بنسبة

$$\frac{m}{n} = \frac{A_m - A_L}{A_s - A_m}$$

$$\frac{m}{n} = \frac{25 - 5}{80 - 25} = \frac{4}{11}$$

∴ نسبة خلط الركام الناعم : الركام الكبير كنسبة ١ : ٢٫٧٥

ومن الرسم البيانـــــــى :

$$m : n = 27 : 73 = 1 : 2.7$$

ولايجاد نسبة خلط الرمل الخشن مع الزلـط .

$$\frac{m}{n} = \frac{25 - 5}{50 - 25} = \frac{4}{5} = \frac{1}{1.25}$$

∴ نسبة خلط الرمل الخشن : الزلط = ١ : ١٫٢٥

ومن الرسم البيـــــانى :

$$m : n = 43 : 57 = 1 : 1.23$$

ولايجاد المساحة السطحية للخليط بنسب ١ : ١ ، ٤ : ١

للرمل الناعـم مع الزلط نعوض فى القانون رقم (١)

$$A_m = 80 \times \frac{1}{1 + 1} + 5 \left(\frac{1}{1 + 1} \right) = 42.5$$

$$A_m = 80 \times \frac{1}{1 + 4} + \frac{4 \times 5}{1 + 4} = 20$$

ولايجاد المساحة السطحية للخليط بنسب ١ : ١ ، ٤ : ١ للرمل الخشن مع الزلط .

$$A_m = 50 \times \frac{1}{1+1} + 5 \times \frac{1}{1+1} = 27.5$$

$$A_m = 50 \times \frac{1}{1+4} + 5 \frac{(4)}{5} = 11$$

ويمكن ايجاد المساحة السطحية للخليط من الرمل والزلط بنسب ١ : ١ ، ٤ : ١ بيانيا برسم خطين رأسيين عند النسب المئوية ٥٠ ٪ ، ٢٠ ٪ كما بالرسم البيانى

نسبة الخليط	نسبة الرمل فى الخليط	المساحة السطحية للخليط			
		رمل ناعم وزلط		رمل خشن وزلط	
		حسابيا	بيانيا	حسابيا	بيانيا
١ : ١	٥٠٪	٤٢٫٥	٤٢٫٥	٢٧٫٥	٢٧٫٥
١ : ٤	٢٠٪	٢٠	٢٠	١٤	١٤

اختبـــارات الركـــام

(١) اختبار التدرج الحبيبى للركــام

Grading of aggregates

الغرض من الاختبـــــــار :

تحديد التوزيع الحجمى لحبيبات الركام الكبير والركام الصغير بالتحليـــل بالمناخل القياسية مع توضيح التدرج الحبيبى للركام بيانيا ومقارنته بالمواصفـــات القياسية للركام ، ثم ايجاد تدرج خليط من الركام الصغير والكبير ذو تدرج معـين يصلح لاستخدامه فى الخلطات الخرسانية ليعطى خلطة خرسانية طازجة سهلة التشغيل وخرسانة متصلدة لها مقاومة الضغط المطلوبة مع مراعاة التوفير فـــى التكاليف أو لاستخدامه فى الأغـراض الانشائية المختلفة مثل رصف الطرق أو تثبيـت التربة تحت خـطوط السـكك الحـديدية ... الـــخ .

ويمكن من نتائج هذا الاختبار أيضا تحديد معاير النعومة لكل من الركـــام الكبير والركام الصغير أو الركام الشـــامل .

تحضـــير العينـــــة :

تؤخذ العينة من عشرة أماكن متفرقة من كومة الركام ثم تحضر العينـــة المراد اختبارها بطريقة التقسيم الربعى كالآتــــى :

١ - تخلط العينة الكلية ثم تجمع على هيئة مخروط وتكرر هذه العملية عدة مرات •

٢ - يسطح الكوم المخروطي بحرف لوح من الخشب بوضعه قطريا في مركز الكوم ثم يحرك دائريا مع رفعه بعد كل دورة حتى يصبح الركام بسمك واحد ويتكون مخروط دائري منه •

٣ - يحدد السطح العلوي بأقسام أربعة ويبعد ربعان متقابلان من الأقسام الأربعة ويكوم الجزءان الآخران الى مخروط بنفس الطريقة السابقة ثم تكرر هذه العملية حتى نحصل على الكمية المطلوبة للعينة •

خطوات الاختبار :

١ - تؤخذ عينة الركام الصغير أو الركام الكبير ثم توزن وليكن وزنها و

٢ - يوضع الركام فوق المنخل العلوي ثم توضع المناخل فوق الهزاز لهز العينة ميكانيكيا لمدة ٥ دقائق •

٣ - يوزن الركام المتبقي فوق كل منخل ثم يحسب الوزن الكلي المتبقي فوق كل منخل باضافة أوزان الركام المتبقية فوق المناخل التي تعلوه الى أوزان الركام المتبقي عليه كما في جدول التدرج الحبيبي السابق •

٤ - تحسب النسبة المئوية للركام المتبقي على كل منخل ثم تحسب النسبة المئوية للركام المار على كل منخل •

٥ - يرسم منحنى يمثل العلاقة بين النسبة المئوية للركام المار من كل منخل ومقاس المناخل •

جـدول التدرج الحبيبي

مقاس المنخل	الوزن المتبقي على كل منخل	الوزن الكلي المتبقي على كل منخل	النسبة المئوية للمتبقي على كل منخل	النسبة المئوية للمار من كل منخل
٣"/٢	أ	أ	أ / و × ١٠٠	١٠٠ – أ / و × ١٠٠
٣"/٤	ب	أ + ب	(أ + ب) / و × ١٠٠	١٠٠ – (أ + ب) / و × ١٠٠
٣"/٨	جـ	أ + ب + جـ	(أ + ب × جـ) / و × ١٠٠	١٠٠ – (أ + ب + جـ) / و × ١٠٠
٣"/١٦	د	أ + ب + جـ + د	(أ + ب + جـ + د) / و × ١٠٠	١٠٠ – (أ + ب + جـ + د) / و × ١٠٠
اناء	هـ	—	—	—

المناقشـــــــة : Discussion

١ - ما هى قيمة اجراء هذا الاختبار للركام المستخدم فى المنشآت الخرسانية ؟

٢ - هل يمكن التحكم فى التدرج الحبيبى للركام ؟ بين كيفية ذلك .

٣ - أذكر المناخل القياسية المستخدمة فى اختبار التدرج الحبيبى لكل مـن الزلـط والرمـل .

٤ - ما معنى منخل قياسى ٥ مم ؟ ارسم تخطيط المنخل قياسى وبين موضحا بالرسومات أقسام المناخل القياسية بالنسبة لأبعاد الفتحات وكيفيـة عمل تلك الفتحـات .

٥ - هل المناخل القياسية ذات فتحات مربعة أو مستديرة ؟
ما الفرق بين نتائج الاختبارات اذا استخدمت مناخل ذات فتحـات مستديرة وأخرى ذات فتحات مربعة ؟ ولمـاذا ؟

٦ - اشرح كيفية اجراء عملية نخل الركام فى اختبار التدرج الحبيبى (أذكـر الاحتياطات الواجب مراعاتها حتى تكون عملية النخل سليمة لكل مـن الرمـل والزلـط .

٧ - لماذا يجب تجفيف الركام قبل اجراء اختبار التدرج الحبيبى عليـه ؟

٨ - ما هى المدة الكافية اللازمة لاتمام عملية النخل بكفاءة اذا كانت عمليـة النخل يدوية أو ميكانيكيـة ؟

٩ - ما هو المقصود بمعاير النعومة Modulus of Finness للركام ؟
أذكر كيف يمكن تعيينه لكل من الركام الكبير والركام الصغير والركام الشامل؟

وما هى حدود معاير النعومة التى يوصى بها للزلط والرمل المستخدم فى الأعمال الخرسانية ؟

وهل هناك علاقة بين معاير النعومة ومدى التدرج الحبيبى للركام ؟

اشرح ذلك . وما هى اهمية تعيين معاير النعومة للركام فى الأعمال الخرسانية خلاف بيان مدى النعومة للركام ؟

١٠ — ما هو المقصود بالمقاس الاعتبارى الأكبر Nominal Maximum Size للركام الكبير ؟ أذكر كيف تحدد قيمته للزلط . وهل توثر قيمة المقاس الاعتبارى الأكبر للركام على الوزن اللازم لعينة الاختبار ؟ لماذا ؟

أذكر متى يستخدم ركام ذو قيمة صغيرة للمقاس الاعتبارى الأكبر وفى أى الأعمال الخرسانية يلزم أن يكون المقاس الاعتبارى الأكبر للركام ذو قيمة كبيرة ؟ لماذا ؟

أذكر المقاس الاعتبارى الأكبر التقريبى للركام المقترح للاعمال الاتية :

الأعمال الخرسانية المسلحة العادية — خرسانة القشريات — الطرق الخرسانية — الأعمال الخرسانية للسدود .

١١ — اشرح كيف يرسم المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى لكل من الركام الصغير والركام الكبير والركام الخليط وذلك بكل من الطريقتين الحسابية واللوغاريتمية ؟

بين كيف يمكن من المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى معرفة مدى صغر أو كبر حجم الركام ؟ وكذلك معرفة هل التدرج الحبيبى للركام حسن أو سىء أو أن الركام المختبر له تدرج ذو ثغرة .

وكيف يمكن من المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى لكل من نوعين من الركام الصغير مقارنتهما ومعرفة أيهما أصغر من الآخر من وجهة حجم حبيباته ؟ وهل يمكن من منحنى التدرج الحبيبى للركام معرفة مدى صلاحيته للأعمال الخرسانية ؟ اشرح ذلك •

١٢ ـ لماذا اختيرت المناخل القياسية المستخدمة فى اختبار التدرج الحبيبى بفتحات مقاس فتحة كل منخل تساوى نصف مقاس فتحة المنخل الذى يسبقه مباشرة فى الترتيب ؟

١٣ ـ اشرح كيفية اجراء اختبار التدرج الحبيبى لكل من عينات الزلط والرمل بالمعمل •

١٤ ـ اشرح طريقة تحضير عينات الاختبار من الرمل والزلط المورد فى موقع العمل وبين كيفية تعبئة هذه العينات لارسالها لمعمل الاختبار •
وما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها فى التعبئة وأثناء الشحن حتى تكون العينة ممثلة تماما للركام الموجود بموقع العمل ؟

١٥ ـ أذكر النتائج المعملية لاختبار التدرج الحبيبى لكل من عينات الرمل والزلط المختبرة تفصيليا مع بيان النسبة المئوية من الركام المار من كل منخل فى كل حالة •

١٦ ـ ارسم منحنى التدرج الحبيبى لكل من الرمل والزلط باستخدام كل من الطريقة الحسابية والطريقة اللوغاريتمية لبيان تقسيمات المحور الذى يمثل مقاس المنخل بالرسم •

١٧ ـ ارسم المنحنى البيانى للتدرج الحبيبى للركام الخليط (الركام الشامـل) المجمع من كل من الرمل والزلط المختبر وذلك بنسبة زلط : رمـــــل تساوى ٢ : ١ .

١٨ ـ عين معاير النعومة Modulus of Finnes لكل مـــن الرمل والزلط المختبر وكذلك للركام الخليط بنسبة ٢ : ١ المكــون منهما . وبين هل هذا المعاير فى الحدود المسموح بها فى الأعمـال الخرسانيـة من عدمـه .

١٩ ـ عين المقاس الاعتبارى الأكبر للزلط المختبر .

٢٠ ـ بين مدى صلاحية كل من الرمل والزلط المختبر للأعمال الخرسانيـة من وجهة التدرج الحبيبى باستخدام نتائج الاختبارات المذكورة .

٢١ ـ متى يمكن اعتبار نتائج اختبار التدرج الحبيبى غير صالحة وأن الاختبـار خاطئ ويجب اعادتـه ؟

* *

*

(٢) اختبار الوزن النوعى للركام الكبير والصغير

Determination of Specific Weight

For Coarse & Fine aggregates

الغـــــرض من الاختبـــــار :

تحديد الوزن النوعى للركام الكبير والصغير وهو عبارة عن وزن وحدة الحجوم للركام الفعلى ولا يشمل الحجم الفراغات الهوائية وهو يفيد فى تصميم الخلطـــات الخرسانيــــة ٠

العينــــــــــــة :

تؤخذ عينة وزنها ١٠٠ جم للرمل ، ١٠٠٠ جرام للزلط ٠

الأجهزة المستعملـــــة :

فــرن تجـفيف — مـخبار مـــدرج ٠

خطـــوات الاختبــــار :

١ — تجفف عينة الاختبار اذا كانت بها نسبة رطوبة فى فرن تجفيف تـــتراوح — درجة حرارته بين ١٠٠ — ١١٠° م ثم تبرد فى مجـــفف وتــــوزن وليكن الوزن و ١ للرمل ، و ٢ للزلط ٠

٢ — يوضع كمية من الماء فى المخبار المدرج وليكن حجمها أ ثم يضاف الركـــام الصغير أو الركام الكبير وتؤخذ القراءة أمام سطح الماء فى المخبار بعـــد

ازالة الهواء المحبوس بين حبيبات الركام بتقليب الماء بواسطة قضيب ولتكـــن ب للركام الصغير ، جـ للـركام الكبير •

تحـــليل النتائـــج :

الـوزن النوعى للركام الصغير = $\frac{و_1}{ب - أ}$

الـوزن النوعى للركام الكبير = $\frac{و_2}{جـ - أ}$

ملاحظـــــــــــة :

فى حالة تعيين الوزن النوعى للحجر الجيرى يجب طحن العينة حتى تصير علـــى هيئة بودرة ثم يجرى الاختبار كما سبق حتى يمكن حساب حجم حبيبات الحجـــر الجيرى بدون حساب حجم الفراغات الهوائيـــــة •

المناقشـــــــة : Discussion

١ ـ ما هى قيمة تعيين الوزن النوعى لـركام الخرسانـــــة ؟•

٢ ـ اشرح طريقة اجراء اختبار تعيين الوزن النوعى لكل من الزلط والرمـــل

٣ ـ ما هى الاحتياطيات الواجب مراعاتها عند اجراء هذا الاختبار ؟

٤ ـ هل يؤثر تغير حجم الركام على قيمة الوزن النوعى له ؟ بين لماذا ؟

٥ ـ أذكر النتائج العملية لاختبارات الوزن النوعى التى أجريت على الزلط والرمل •

٦ ـ ما هو الوزن النوعى الظاهرى لكل من أنواع الركام الاتيـــــة :

زلط الهرم ـ كسر الحجارة الجيرية ـ كسر الجرانيت ـ

كسر الحجر الخفاف Faumic Stone ورمل الهـــرم

(٣) اختبار تعيين وزن المتر المكعب من الركام الكبير والركام الصغير

Determination of unit weight of coarse & fine aggregates

الغرض من الاختبـــــار :

معرفة وزن المتر المكعب من الركام الكبير أو الركام الصغير وأحيانـــــا يطلق عليه اختبار الوزن الحجمى للركام وهو يستعمل فى تصميم الخلطات الخرسانية .

الأجهــزة المستعملـــة :

١ ــ وعاء معدنى اسـطوانى سعته أ = ٣ لتر للركام الصغير
ووعـاء معدنى سعته ب = ١٥ لتر للركام الكبير .

٢ ــ ميزان حســـاس .

٣ ــ قضيب الدمك المعدنى وطوله ٥٠ سم وقطره ١٦ مم وطرفه السفلى مخروطـى

خطـوات الاختبـــار :

١ ــ يوزن الاناء المعدنى وهو فارغ .

٢ ــ يملأ الوعاء لحوالى $\frac{١}{٣}$ ارتفاعه بالركام الصغير او الركام الكبير ثم يدمـــك ٢٥ مرة جيدا بواسطة قضيب الدمك ثم يوضع الثلث الثانى ويدمـــك ٢٥ مرة اخرى ثم يملأ الوعاء ويدمك ٢٥ مرة ثالثة وتزال الزيادة بالانـــاء

ويســوى سطحه بقضيب الدمـــــك ٠

٣ ـ يوزن الاناء ثانية وليكن وزنه و١ للركام الصغير ، و ٢ للركام الكبـــير ٠

تحـليل النتائــــــــج :

$$\text{الوزن الحجمى للركام الصغير} = \frac{و_1}{أ}$$

$$\text{الوزن الحجمى للركام الكبير} = \frac{و_2}{ب}$$

المناقشـــــــــة : Discussion

١ ـ ما هو المقصود بوحدة الوزن unight weight ؟

٢ ـ ما هى العلاقة بين الوزن النوعى للركام وبين وحدة الوزن لـــه ٠ ؟

٣ ـ اشرح طريقة الاختبار لتعيين وزن المتر المكعب لكل من الزلط والرمــــــل المكـــــبوس ٠ Compacted

٤ ـ أذكر النتائج المعملية لعينات الرمل والزلط المختـــــبره ٠

٥ ـ عين النسبه المئوية للفراغات ٠ Percentage of Voids

لكل من الرمل والزلط المختبر باستخدام نتائج هذا الاختبار لوزن المـــتر المكعب والنتائج المعملية لاختبار الوزن النوعى المبينة بالاختبار رقم (٢) ٠

٦ ـ أذكر المتوسط التقريبى لوزن المتر المكعب لكل من الركام الكبير والركــــــام الصغير فى حالته وهو سائب Losse وكذلك وهو مكبـــوس Compacted

٧ ـ ما هو الغرض من تعيين وزن المتر المكعب للركام ؟

٨ ـ أيهما أكبر وزن المتر المكعب لكل من الزلط والرمل أو وزن المتر المكعب للركام الشامل All in aggregates الخليط من كل من الرمل والزلط ؟ ولماذا ؟

٩ ـ اذا كان وزن المتر المكعب من كسر الحجر ١٦٠٠ كجم والنسبة المئوية للفراغات بـ ٤٠ ٪ من الحجم ـ احسب قيمة الوزن النوعى للحجر •

* *

*

(٤) اختبار تعيين النسبة المئوية للفراغات

Determination of Percentage
of Voids of aggregates.

الغـــرض من الاختبـــار :

تعيين النسبة المئوية لكل من الزلط المكبوس والرمل المكبوس .
ويمكن تعيين النسبة المئوية للفراغات بالركام الصغير أو الركام الكبير بطريقة معملية أو بطريقة حسابية كما يأتـــى :

أ - الطريقة المعمليـــة :

بعد ملء الوعاء كما سبق فى اختبار تعيين وزن المتر المكعب من الركـــام يضاف ماء من مخبار مدرج ويعين حجم الماء المضـاف وليكن جـ للركام الصغيـــرة د لركام الكـــبير .

النسبة المئوية للفراغات للركام الصغير = $\frac{جـ}{أ}$ x ١٠٠

النسبة المئوية للفراغات للركام الكبير = $\frac{د}{ب}$ x ١٠٠

ب - الطريقة الحسابيـــة :

بفرض أن حجم الفراغات بالمتر المكعب = ف

ووزن المتر المكعب من الركام = و طن / م٣

الوزن النوعى = وزن المتر المكعب و / ١ ـ حجم الفراغات ف

حجم الفراغات ف = الوزن النوعى ـ وزن المتر المكعب / الوزن النوعى

النسبة المئوية للفراغات = الوزن النوعى ـ وزن المتر المكعب / الوزن النوعى x ١٠٠

المناقشة : Discussion

١ ـ ما هى قيمة تعيين النسبة المئوية للفراغات الموجودة بركام الخرسانة ؟

٢ ـ ما هى العلاقة بين وزن المتر المكعب للركام وبين النسبة المئوية للفراغات الموجودة به ٠ ؟

٣ ـ اشرح طريقة اجراء الاختبار لتعيين النسبة المئوية للفراغات بكل من الرمل والزلط ٠

٤ ـ أذكر النسبة المئوية للفراغات الموجودة بالركام المختبر ٠

٥ ـ هل يمكن اعتبار النسبة المئوية للفراغات معبرة عن حالة التدرج الحبيبى لحبيبات الركام ؟ اشرح لماذا ٠ ؟

* * *

(٥) اختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة بالرمل
Determination of amount of clay, silt and fine dust in sand

الغرض من الاختبار :

تعيين كمية الطين والمواد الناعمة فى الرمل وهى كمية المواد التى تمر من المنخل رقم ٢٠٠ .

الأجهزة المستعملة :

منخلان قياسيان (رقم ٢٠٠) ، (رقم ١٤) - وعاء .

طريقة اجراء الاختبار :

١ - تخلط العينة خلطا جيدا ثم تجفف فى فرن درجة حرارته ١٠٠ - ١١٠ °م الى أن يثبت وزنها ثم تبرد وليكن وزنها و .

٢ - توضع العينة فى الوعاء وتغطى بالماء وتقلب بشدة لفصل الطين والمواد الناعمة المختلفة بالرمل ثم يسكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين القياسيين ٢٠٠ ، ١٤ بحيث يكون المنخل ١٤ هو المنخل العلوى .

٣ - تكرر هذه العملية الى أن يصبح ماء الغسيل رائقا ثم تعاد أى مواد قد تكون علقت على المنخلين الى الوعاء وتجفف هذه الكمية الى أن يثبت وزنها وتبرد وليكن وزنها و/ .

النتـــــائـج :

$$\text{النسبة المئوية للطين والمواد الناعمة} = \frac{و - و_1}{و} \times 100 < 3\%$$

طريقة الاختبار بموقع العمـــل :

هذه الطريقة تقريبية ويمكن بواسطتها تعيين كمية الطين والمواد الناعـــة بالرمـــــل ٠

الأجهـــزة المستعملـــة :

مخبـــار مـــدرج ٠

طريقـــة اجراء الاختبـــار :

١ - ضع ٥٠ سم٣ من الماء النقي فى المخبار ثم أضف اليه رمل حتى يصل حجم الماء والرمل ١٠٠ سم٣ ثم أضف ٥٠ سم٣ ماء أخرى الى الرمـــــل و رج المخلوط بشدة حتى تتعلق المواد الناعمة والطين با لماء ثم أطـرق على جدار المخبار طرقا خفيفاحتى تصبح طبقـــة الرمل مستوية السطح ويترك المخبار لمدة ٣ ساعات حتى ترسب المواد العالقـــة ٠

٢ - يقاس ارتفاع الطبقة الرأسية على سطح الرمل ويمكن ملاحظتها بالعين ولهكن س١ ويقاس كذلك ارتفاع الرمل بالمخبار أسفل الطبقة الرأسية ولهكن س ٢ .

النتـــــائج :

$$\text{النسبة المئوية للطين والمواد الناعـة} = \frac{س_١}{س_٢} \times ١٠٠$$

ويجب ألا تزيد هذه النسبة عن ٦ ٪ •

المناقشــــــــة : Discussion

١ – لماذا يعتبر تواجد الطين والمواد الناعة بكميات كبيرة بركام الخرسانــــة أمرا غير مرغوب فيــــــة ؟

ولماذا يسمح بكمية من الطين والمواد الناعة بالرمل المستخدم فى الأعمال الخرسانية بنسبة لا تزيد عن ٣ ٪ من وزنــــه ؟

٢ – متى يمكن اعتبار كميات الطين والمواد الناعة القليلة ذات فائدة للخلطات الخرسانيــــة • ؟

٣ – أشرح طريقة اجراء الاختبار لتعيين النسبة المئوية للطين والمواد الناعة بالرمل المختبر •

٤ – ارسم تخطيطا للاجهزة المستعملة فى الاختبار •

٥ – لماذا يستخدم فى الاختبار منخل ١٤ علاوة على منخل رقم ٢٠٠ ؟

٦ – أشرح كيف تعين النسبة المئوية للطين والمواد الناعة بالركام الصغـــير باستخدام طريقة الترسيب فى موقع العمـــــل •

٧ – ماهى النسبة المئوية بالحجم للطين والمواد الناعة التى يمكن السماح بتواجدها بالرمــــل ؟

٨ – كيف يمكن التخلص من الطين والمواد الناعة الموجودة بالركام المورد لموقـــع العمل بقدر الامكـــان ؟

(٦) اختبار تعيين كمية الشوائب العضوية بالرمل

Determination of quantity of organic impurities in sand.

الغرض من الاختبار :

هو تعيين كمية الشوائب العضوية بالرمل لمعرفة ما اذا كانت هذه الكميات ضارة بالمنشآت الخرسانية أم لا ؟ وهل من الضرورى عمل اختبارات أخرى للرمل قبل استعماله ؟

الأجهزة المستعملة :

مخباران مدرجان ولكل منهما غطاء .

طريقة اجراء الاختبار :

يملأ المخبار الأول بعينة من الرمل بالحالة المورد بها حتى علامة ١٠٠ سم٣ ثم يضاف اليه ٣ ٪ أيدروكسيد الصوديوم حتى يصير الحجم الكلى ١٥٠ سم٣ ثم يغلق المخبار بغطائه . وفى أثناء اجراء هذا الاختبار يحضر محلول قياسى فى المخبار الثانى يتكون من الآتى :

٢ $\frac{١}{٢}$ سم٣ من محلول ٢ ٪ حامض التنيك المذاب فى ١٠ ٪ كحول .

٩٧ $\frac{١}{٢}$ سم٣ من محلول ٣ ٪ أيدروكسيد الصوديوم . ثم يغطى المخبار بغطائه

ويرج بشدة ثم يترك لمدة ٢٤ ساعة .

النتـــائج :

اذا كان لون المحلول الموجود فوق الرمل أقتم من لون المحلول القياســـى فيدل ذلك على احتواء الرمل على كمية ملحوظة من الشوائب العضوية وحينئذ لا يعتبر مقبولا الا اذا أجريت عليه اختبارات أخرى تبين مدى الضرر الناتج من استخدامـــه ويحسن أن يكون ذلك باجراء اختبار مقاومة الضغط لخرسانة يستعمل فيها الرمـــل المختبر ومقارنة نتيجته بنتيجة اختبار مقاومة الضغط لخرسانة أخرى استعمل فيهـــا رمل معروف بجودة خواصـــه .

المناقشـــــــة : Discussion

١ - ما هى القيمة العملية لهذا الاختبـــار ؟

٢ - ما هى الشوائب العضوية التى توجد عادة بالرمال ؟

٣ - ما هو تأثير تواجد الشوائب العضوية بالرمل على الخرسانـــة ؟

٤ - متى يمكن اعتبار أن كمية الشوائب العضوية بالركام مسموح بهـــا ؟ ولمـــاذا

٥ - اشرح طريقة اجراء الاختبار للتعرف على تواجد الشوائب العضوية بالركام . بكمية ضارة غير مسموح بها فى الأعمال الخرسانية . وضـــح اجابتك بالرسومات .

٦ - ما هى الاختبارات الأخرى التى تجرى للتأكد من سلامة استخدام الرمـــل المحتوى على كميات من الشوائب العضوية قبل السماح باستعماله فى المنشآت الخرســـانيـــة ؟

(٧) اختبار الزيادة الحجمية للرمـــل

Determination of moisture effect on fine aggregate(i.e.Bulking of sand

---

الغرض من الاختبــــار :

توضيح أ ن وجود الرطوبة بالرمل الجاف ثم تقليبه يسببان فى زيادة كبيرة فى حجمه ، وايجاد العلاقة البيانية بين النسبة المئوية لوزن الماء بالنسبة لوزن الرمل والنسبة المئوية المناظرة للزيادة فى حجم ا لرمل وايجاد النسبة المئوية العظمـــى للزيادة فى حجم الرمل والنسبة المئوية المناظرة للماء المضاف ٠

عينـــة الاختبــــار :

يؤخذ حوالى ٢٠٠٠ جم من الرمل الجـــاف ٠

الأجهـــزة المستعملـــة :

وعاء اسطوانى سعته ا لتر ولوح غير مسامى ومخبار مدرج ٠

طريقة اجراء الاختبــــار :

١ ــ يملاء الوعاء بالرمل الجاف ويكبس جزئيا ثم يعين وزن الرمل الجاف ٠

٢ ــ يسكب الرمل من الوعاء على اللوح غير المسامى ويضاف اليه الماء بمقدار ١ ٪

من وزن الرمل الجـــاف ٠

٣ ـ يقلب الرمل حتى يصبح متجانســـا ٠

٤ ـ يعاد ملاء الوعاء بالرمل الرطب ويكبس جزئيا بنفس الطريقة عندما كان الرمـل جافا ويسوى سطح الرمل ويوضع الرمل الزائد فى المخبار المدرج ويعين حجم هذه الزيادة ٠

٥ ـ تكـــرر هذه العملية بنسب ماء مضافة كالاتـــــى :

٢٪ ٤٪ ٦٪ ٨٪ ١٠٪ ١٢٪ ١٦٪ ٢٠٪ ٢٢٪

٢٤٪ ٢٦٪ ثم تدون نتائج الاختبار فى جدول كالاتـــــى :

ثم يرسم المنحنى البيانى الذى يبين العلاقة بين النسبة المئوية للزيادة فى حجم الرمل والنسبة المئوية للماء المضاف ٠

ويلاحظ أن اضافة الماء الى الرمل وتقليبه تساعد على زيادة حجم الرمـــل وتستمر هذه الزيادة فى حجم الرمل حتى نصل الى نسبة معينة من الماء بالنسبـــة لوزن الرمل فتبدأ ثانية هذه الزيادة فى حجم الرمل فى النقصان حتى يصل الرمل الـــى حجمه الأصلى ٠

والسبب فى ذلك أن أضافة الماء للرمل ثم تقليبة تساعد على تغليـــف كل حبة رمل بغشاء رقيق جدا من الماء يزداد سمكه كلما زادت كمية الماء ٠ وهـــذا يساعد على زيادة الحجم كـل حبة رمل وبالتالى الى زيادة الحجم الكلى للرمـــل ٠

نسبة الماء	١٪	٢٪	٤٪	٦٪	٨٪	١٠٪	١٢٪	١٦٪	٢٠٪	٢٢٪	٢٤٪	٢٦٪	
حجم الماء (سم٣)													
الزيادة فى حجم الرمل													
النسبة المئوية للزيادة فى حجم الرمل													

وعندما تصل النسبة المئوية للماء المضاف بالنسبة لوزن الرمل حد معين يصير وزن هذا الغشاء المائي ثقيل وتقوم الأغشية الموجودة حول حبيبات الرمل بالتداخل مع بعضها وتبدأ في ملاء الفراغات بين حبيبات الرمل فيقل حجم الرمل بالتدريج مع اضافة الماء حتى يصل الى حجمه الأصلي .

المناقشة : Discussion

١ – ما هو المقصود بزيادة حجم الرمل Bulking of sand نتيجة الرطوبة والتقليب الشديد ؟

٢ – اشرح سبب زيادة حجم الرمل Bulking of sand حتى قيمة معينة ثم نقص تلك الزيادة ثانية بالاستمرار في اضافة الماء والتقليب .

٣ – اشرح الاختبار الذى أجرى في المعمل لبيان تأثير الرطوبة والتقليب على حجم الركام الصغير . ارسم تخطيطا للأجهزة التي استخدمت في الاختبار .

٤ – أذكر النتائج العملية لهذا الاختبار أي كمية الماء المضافة كنسبة مئوية من وزن الرمل ومقدار الزيادة في الحجم كنسبة مئوية من حجم الرمل . ثم أرسم المنحنى البياني للعلاقة بينهما . وبين كمية الماء التي تحدث عندها أكبر زيادة في الحجم .

٥ – هل لحجم Size الركام تأثير على الرسم البياني سالف الذكر ؟ بين ذلك للرمل الصغير والمتوسط والكبير . اشرح سبب التغيير في كل حالة ثم بين لماذا لا يعود الرمل الصغير ابدا لحجمه الأصلي باستمرار اضافة الماء والتقليب ؟

٦ – ما هي القيمة العملية لنتيجة هذا الاختبار بالنسبة للخلطات الخرسانية وبالنسبة للرمل المستورد لموقع العمل ؟

(٨) اختبار مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والبرى

Determination of Hardness of

Coarse aggregates to wear,

الغـرض من الاختبـــار :

هو تحديد معامل مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والبرى يستعمل هذا العامـــل للمقارنة بين نوعين من الركام وقيمته تعطى فكرة عن مقاومة الركام للتآكل نتيجة الاحتكـاك .

عينـــة الاختبـــار :

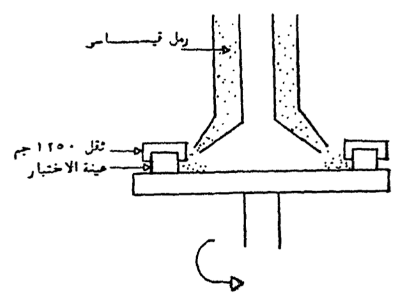
تجهز قطعتان من الركام الكبير كل منهما على شكل اسطوانة ارتفاعهـــا ١ " وقطرها ١ " وسطحاها مستويين ومتوازيين ومتعامدين على محـور العينـــة .

الأجهـزة المستعملـــة :

ماكينة الاختبار المبينة فى الرسم وميزان حساس .

المادة المساعدة على الاحتكاك :

وهى عبارة عن رمل جاف يمر من المنخل ٦ر٠ مم ويبقى على المنخل ٤٥ر٠ مم .



طريقة عمل الاختبـــــار :

١ — تجفف قطعة الاختبار فى فرن درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠ — ١١٠°م

٢ — توزن العينتان وليكن وزن العينة و ثم تثبت فى ماكينة الاختبار ويضغط على العينة بضغط قدرة ١٢٥٠ جسم ٠

٣ — يدار قرص الماكينة الف دورة بسرعة ٣٠ لفة / دقيقة مع سكب المسادة المساعده على الاحتكاك فوق القرص ٠

٤ — يعاد وزن بالعينة بعد التجربة لتحديد الفاقد على كل عينـــة ٠

النتـــــائج :

معامل مقاومة الركام للاحتكاك = ٢٠ — $\frac{\text{الفاقد فى الوزن}}{٣}$

المناقشـــــة : Discussion

١ — ما هى القيمة المعملية لتعيين معامل الصلادة للركام الكبير ؟

٢ — ما هى الاشتراطات الواجب توافرها فى عينة الاختبــــار ؟

٣ — ما هو تعليل أن معامل الصلادة = ٢٠ — $\frac{١}{٣}$ الفاقد فى الوزن بالجرام

٤ — اشرح طريقة اجراء الاختبار لتعيين معامل الصلادة للزلط وارسم الأجهـــزة المستخدمة فى الاختبـــار ٠

٥ — اشرح كيف يمكن تعيين مقاومة الركام الكبير للتآكل نتيجة الاحتكاك باستخدام مكنة لوس انجلوس للتآكل ٠

بين هل يوجد علاقة بين تحديد مقاومة الركام الكبير للتآكل باستخـــدام معامل الصلادة وباستخدام اختبار لوس انجلوس ؟

(٩) اختبار مقاومة الركام الكبير للتهشيم

Determination of crushing strength of coarse aggregates

الغرض من الاختبار :

هو تعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم والتى تعطى فكرة عن مدى مقاومة هذا الركام للتهشيم .

الأجهزة المستعملة :

١ ـ قضيب معدنى مستقيم قطره ٦ر١ سم وطوله ٥٠ سم .

٢ ـ اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب كما فى الشكل .

٣ ـ ميزان حساس .

٤ ـ مكيال اسطوانى .

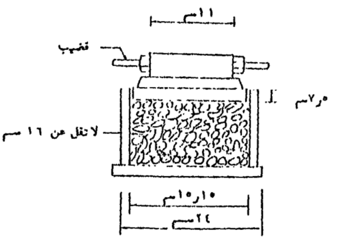
٥ ـ ماكينة اختبار للضغط .

عينة الاختبار :

١ ـ ينخل الركام ويستعمل الركام المار من المنخل ١٦ مم والمحجوز على المنخل ٥ر٩ مم فى اجراء الاختبار .

٢ ـ يوضع الركام فى المكيال ثم يسوى السطح .

٣ ـ تجفف عينة الاختبار فى فرن درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠ ـ ١١٠ °م ثم تبرد ولتكن وزنها أ .



طريقـــة اجـراء الاختبـــــار :

١ - توضع الاسطوانة الصلـــب المفتوحة في مكانها على القاعـدة ثم تمـــــلاء على ٣ دفعات وتدك كل دفعة ٢٥ مرة بقضيب الغز ثم يسوى السطح ويوضـع فوقـــة المـــكبس ٠

٢ - توضع الاسطوانة وقاعدتها والمكبس بين فكى ماكينة الاختبار وتحمل ببطء حتى يصل حمل الضغط ٤٠طن ثم يرفع الحمـــل ٠

٣ - ينخل الركام بعد ذلك ويعين وزن الركام المار من المنخل ٨٣ر٢ مـــــم ولتكن وزنـــه ب ٠

النتـــــائج :

$$\text{معامـــل التهشـــيم} = \frac{\text{ب}}{\text{أ}} \times 100$$

المناقشـــة : Discussion

١ - ما هو المقصود بمعامل التهشيم للركام ؟

وما هي قيمة تعيين معامل التهشيم للزلط أو كسر الحجارة من الوجهـــــة العملـيـــــة ؟

٢ - ما هي حدود قيمة معامل التهشيم للركام الكبير المستخدم في المنشــآت

الخرسانية والمستخدم فى أعمال الطرق الخرسانيـــة ؟

اشرح السبب فى اختلاف القيمة فى كلا الحالتين .

٣ – متى يكون من الضرورى اجراء اختبار مقاومة الركام للتهشيم وهل أعمـــال المنشآت الخرسانية العادية تتطلب هذا الاختبار ولماذا ؟

٤ – اشرح طريقة اجراء اختبار مقاومة الركام للتهشيم وارسم الأجهزة المستخدمة فى اجراء الاختبار .

٥ – أذكر النتائج المعملية لاختبار مقاومة الزلط للتهشيم بالتجربة التى أجريت ثم أحسب منها قيمة معامل الزلط للتهشيم .

٦ – أذكر المتوسط التقريبى لقيمة معامل التهشيم لكل من أنواع الركام الكبيـــر الآتيــــة :

زلط الهرم – كسر الأحجار الجيرية لمنطقة المكس (حجر غير جيد)

كسر الحجارة الجيرية لمنطقة علم المرقم (حجر جيد – كسر بازلت – كسر جرانيـــــت) .

* *

*

البـــاب الثالـــث

الأسـمنـت

Cement

الأسمنت هو المادة التي لها خاصية التماسك والتلاصق والتي تمكن من ربط جزيئات الركام ومواد البناء لتكوين كتلة بناء متكاملة ويعتبر الأسمنت من أهم المواد الانشائية فهو يلي الصلب من حيث الأهمية كمادة انشائية وتعتبر الاستعمالات الرئيسية للأسمنت في أعمال البناء كالاتي :

أ. — مادة لاحمة لربط الاجزاء بعضها ببعض مثل مونة الأسمنت والرمل والتي تعمل على تماسك الطوب أو الحجارة ...... الخ .

ب — مادة بياض لتغطية حوائط المباني كمونة أسمنت أو أسمنت صافي .

جـ — مادة بناء لعمل اجزاء المباني الخرسانية كالأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات ... الخ بعد خلطها مع الركام المناسب لتكوين خلطة خرسانية .

والأسمنت البورتلاندي هو المادة الناتجة من طحن وتنعيم ناتج حرق الحجر الجيري والمواد الطينية (مع نسبة بسيطة من الألومنيا وأكسيد الحديد والسيلكا) والأحجار الجيرية المصرية المستخدمة تحتوي على كربونات الكالسيوم بنسبة ٩٠٪ — ٩٨٪ وسليكا بنسبة ٥ر٠ — ٥ر٤٪ ويجب مراعاة عدم استخدام

الأحجار الجيرية المحتوية على نسبة عالية من المغنسيوم لأنّ ذلك يؤثر على نوع الأسمنت الناتج • وأنواع الطين التي يمكن استخدامها في صناعة الأسمنت بوجه عام هــــى :

أ ـ طـين الطبقة الطباشـيريـة :

ويحـــتوى علـــى :

كربـونات كالســيوم	٣٣٪
صوديـــوم	١٣٪
بيريت وفوسفات كالسيوم	

ب ـ الطــين الغريـــنى :

ويوجد عند مصـبات الانهار وقيعان البحيرات •• ويتكون من :

ســليكا	٥١٫٩٨ ٪	مـــــاء	١٥٫٥١ ٪
ألومنيــا	١٥٫٦٣ ٪	قلويـــات	٠٫٩٢٪
أكسيد كالسيوم	٩٫١٢ ٪	كربونات كالسيوم	٣٫٧٦ ٪

ج ـ طـــين خزفـــى :

وهى مخاليط طبيعية من كربونات الكالسيوم والطين ويجب أن يحتوى النــوع المستخدم منه في صناعــة الأسمنت على ٦٠٪ كربونات كالســيوم •

نسبة تركيب المواد الخام للاسمنت :

يجب أن يحتوى مخلوط المواد الخام الأولية فى صناعة الأسمنت علـــى ٧٥ ـ ٧٧ ٪ كربونات كالسيوم ، ٢٥ ـ ٣٣ ٪ طين .

طـــرق صناعـة الأسـمنت :

تتم صناعة الأسمنت البورتلاندى بطريقتين رئيسيتين هما : الطريقة الجافـة والطريقة الرطبـــة :

أ ـ الطريقـة الجافـــة :

وفيها تكون المواد الخام الطينية والأحجار الجيرية جافة فى جميع مراحل الصناعـة وهى تفضل عن الطريقة الرطبة فى حالة ارتفاع سعر الوقود أو عدم توافر الميـــاه اللازمة كما فى بلاد الجزيرة العربية أو عندما تكون المواد الخام صلبة لا يسهـل تفتتها بالماء .

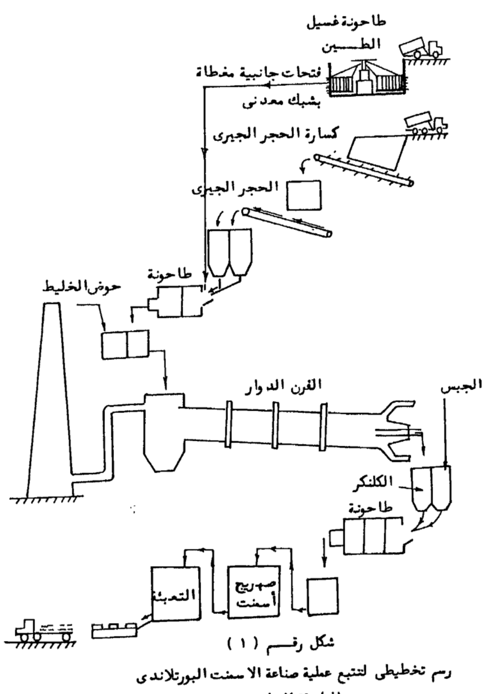
ب ـ الطريقـة الرطبـــة :

وفيها تخلط الخامات المستعملة مع كمية ماء تتراوح بين ٣٢ ـ ٤٠ ٪ مـــن الخليط وهى تفضل عن الطريقة الجافة عندما تحتوى المواد الخام على نسبـــة رطـوبة عالية وتوافـر موارد الميـــاه .

وعلى العموم يفضل استعمال الطريقة الرطبة لسهولة الحصول على خلط جيد متجانس للمواد الخام الداخلة للفرن كما أن الاسمنت الناتج تكون خواصه متجانسة وجيدة وتستعمل جميع مصانع الأسمنت فى مصر هذه الطريقة .

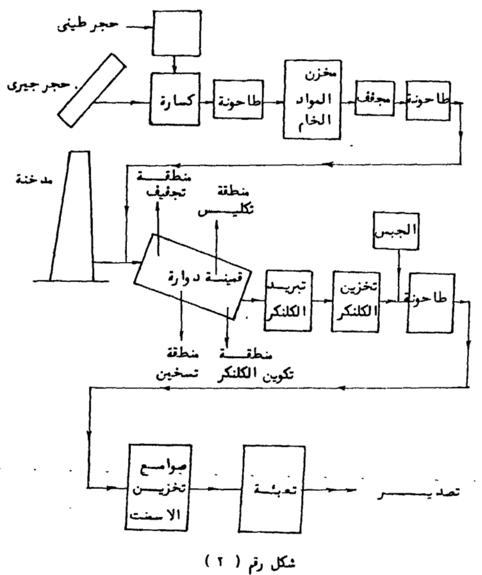
وتتلخص الخطوات الرئيسية لصناعة الأسمنت البورتلاندى فى اختيار مكان مناسب للمصنع بجوار المواد الخام الموجودة بكمية وفيرة يمكن استعمالها لفترة طويلة وأن يكون قريبا من العمران مراعاة لتكاليف النقل وأن تحتوى المواد الخام على المكونات الكيميائية المطلوبة لصناعة الأسمنت ثم تكسيرها وطحنها وخلطها وتكليسها (أى تسخينها لدرجة حرارة عالية) ثم تبريد الكلنكر (ناتج التسخين) وطحنه واضافة الجبس بالنسبة المناسبة وتنعيم الخليط وتعبئة الأسمنت واعداده للاستهلاك المحلى والتصدير الخارجى .

والشكلين (١) ، (٢) تمثل رسما تخطيطيا لتتبع عملية صناعة الأسمنت البورتلاندى بالطريقة الرطبة والطريقة الجافة على الترتيب ويستعمل فى تكسير الاحجار الجيرية كسارات فكية تتكون من فكين من الصلب تقوم بكسر الأحجار حتى أقطار حوالى ٢٠ سم ثم تكسر هذه الأحجار بعد ذلك بواسطة كسارات مطرقة تستطيع تكسير الأحجار الى مقاسات صغيرة يمكن ادخالها الى الطواحين مباشرة . والمصانع الحديثة لصناعة الأسمنت بالطريقة الرطبة مجهزة بأحواض لغسل الطين ويوجد بأعلاها ذراع دائرى متحرك يتدلى منه أذرع رأسية تصل الى قاع الحوض وتعمل على الا يترسب الطين وتساعد فى



شكل رقـــم (١)

رسم تخطيطى لتتبع عملية صناعة الاسمنت البورتلاندى
بالطريقة الرطبة



شكل رقم (٢)

رسم تخطيطى لتتابع صناعة الاسمنت البورتلاندى بالطريقة الجافة

عملية الخلط ويخرج الخليط من جوانب الحوض أثناء الخلط من خلال فتحات جانبية مغطاة بشبك معدنى يسمح بعدم مرور قطع الطين ويخزن الخليط الناتج فى صهاريج تخزين الطينة .

ويخلط كسر الحجر الجيرى والمواد الطينية وتجرى عملية طحن للمواد الأولية فى اسطوانات كبيرة مزودة بمجموعة من الكرات المعدنية الصلدة تقوم بعملية الطحن . ثم تحرق المواد الأولية المطحونة فى أفران دوارة مصنوعة من الصلب المبطن بالطوب الحرارى وتوضع طبقة من مادة عازلة بين الاسطوانة والطوب الحرارى لمنع تسرب الحرارة . ويفضل قبل ادخال المواد الخام الى الأفران الدوارة التخلص من بعض مياهها الداخلة للفرن باستخدام مرشحات وتغذية الأفران بهواء ساخن من خزانات تستقبل ناتج حرق الأفران حتى يمكن التوفير فى كمية الوقود المستعملة .
وتدخل المواد الخام الى الفرن الدوار باستمرار من أعلى اما رطبة أو جافة حسب طريقة الصناعة وفى الجزء الأول من الفرن الدوار تتم عملية تجفيف للمواد الخام تليها عملية التسخين (وعند درجة حرارة ١٠٠°م يتبخر الماء) تليها عملية التكليس وفيها ترتفع درجة الحرارة من ٨٠٠ ـ ٩٠٠ °م ويفقد ثانى أكسيد الكربون من كربونات الكالسيوم ويتكون أكسيد الكالسيوم الذى يتفاعل مع أكسيد الألومنيا وأكسيد السيلكون الناتجين من الطينات مكونا الكلنكر عند النهاية السفلى للفرن وهو يتكون من مركبات جديدة فيؤخذ ويتم تبريده وتخزينه ثم يضاف الجبس الى الكلنكر بنسبة تتراوح بين ٢ ـ ٦ ٪ بالوزن ويطحن خليط الكلنكر والجبس الى درجة النعومة المطلوبة ويخزن الأسمنت ثم يعبأ

فى أكياس ذات أغلفة ثلاثة أو ستة حسب مكان التصدير لمنع وصول الرطوبة الـــى الأسمنت وبعد ذلك يصير صالحا للتصدير وللاستعمال .

التركيب الكيميائى للأسمنت وخواصه الكيميائيـــة :

عند خلط وحرق المكونات الرئيسية للأسمنت وهى الجير والسليكا والالومنيـا وأكسيد الحديد فأن الكلنكر الناتج يحتوى على الأربع مكونـات الرئيسية الآتيــة :

ثالث سليكات الكالسيوم	٢٥ ـ ٥٠ ٪
ثانى سليكات الكالسيوم	٢١ ـ ٤٥ ٪
ثالث الومنيـات الكالسيوم	٥ ـ ١١ ٪
رابع الومنيات حديد الكالسيوم	٩ ـ ١١ ٪

بالاضافة الى كميات صغيرة من الجير الغير متحد وهو غير مرغوب فيه والماغنسيوم الغير متحد وكبريتات الكالسيوم وقلويات (صوداوبوتاس) وماء ومواد غير ذائبـة .

ويمكن تفسير التفاعلات التى تحدث فى منطقة تكوين الكلنكر داخل الفرن فيمـا يلـــى :ـ

١ ـ يتحد أكسيد الحديد كله مع جزء من أكسيد الالومنيا وجزء من أكسيــد الكالسيوم مكونا رابع ألومنيات حديد الكالسيوم .

٢ ـ يتحد ما تبقى من أكسيد الالومنيا مع جزء من أكسيد الكالسيوم مكونا ثالث ألومنيات الكالسيـــوم .

٣ — يتحد أكسيد السليكون مع جزء من أكسيد الكالسيوم مكونا ثانى سليكات الكالسيوم

٤ — يتحد ما تبقى من أكسيد الكالسيوم من الخطوات السابقة مع ثانى سليكات الكالسيوم مكونا ثالث سليكات الكالسيوم .

٥ — يبقى أكسيد الماغنسيوم بدون اتحاد .

ونتائج التحليل الكيميائى لعينة من الأسمنت البورتلاندى كالاتى

جير	(كا أ)	من	٦٠ — ٦٥٪
أكسيد سليكا	(س أ٢)	من	٢٠ — ٢٤٪
الومنيا	(لو٢أ٢)	من	٤ — ١٠٪
أكسيد الحديد	(ح٢أ٢)	من	٢ — ٤٪
أكسيد ماغنسيوم	(ما أ)	من	١ — ٣٪
ثالث أكسيد الكبريت	(كب أ٣)	من	١ — ٢٪
ماء وثانى اكسيد الكربون		من	١ — ٢٪
قلويات		من	½ — ١٪
مواد غير ذائبة		<	١½٪

ويحدد نسبة الجير الى الطين فى الأسمنت معاير تشبع الجير .

معايـــــر تشـــــبع الجـــــير =

$$\frac{\text{أكسيد الكالسيوم} - ٠.٧\ \text{ثالث أكسيد الكبريت}}{٢.٨\ \text{ثانى أكسيد السليكون} + ١.٢\ \text{ثالث أكسيد الالومنيا} + ٠.٦٥\ \text{أكسيد الحديد}}$$

وتـــتراوح قيمتـــه بين ٦٦ر٠ — ٠٢ر١

حيث تقدر قيمة الأكاسيد المبينة فى المعادلات الكيميائية السالفة الذكــــر كنسبة مئوية من وزن عينـــة الاسمنت •

معاير أكسيد الكالسيوم (المعاير المائى للاسمنت) =

$$\frac{\text{كا أ}}{\text{س أ}_{٢} + \text{ح}_{٢}\text{أ}_{٣} + \text{لو}_{٢}\text{أ}_{٣}} = \text{من } ١.٨ - ٢.٢\ \%$$

معاير السليكـــا =

$$\frac{\text{س أ}_{٢}}{\text{لو}_{٢}\text{أ}_{٣} + \text{ح}_{٢}\text{أ}_{٣}} \quad \text{من } ٢ - ٢.٥\ \%$$

معاير أكسيد الالومنيا =

$$\frac{\text{لو}_{٢}\text{أ}_{٣}}{\text{ح}_{٢}\text{أ}_{٣}} \quad \text{من } ١ - ٥\ \%$$

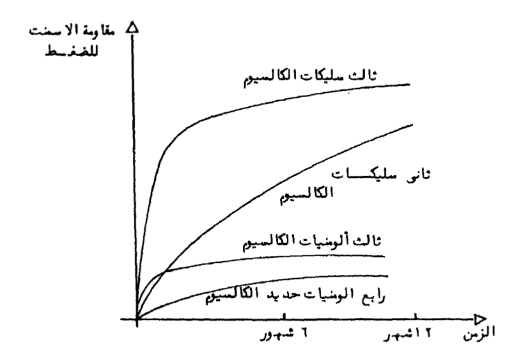
ويجب مراعاة أن زيادة كمية الجير تسبب تكون الكلنكر مبكرا وتقلل من حـــرارة التسخين فتمنع الطين والالومنيـــا من اتمام التفاعل كما أن هذه الزيادة تسبب عـــدم ثبات حجم الاسمنـــــت •

وزيادة السليكا مع خفض نسبة الألومينا تجعل الأسمنت بطيء الشك بينما خفض نسبة السليكا وزيادة نسبة الألومينا تجعل الأسمنت سريع الشك •
وأكسيد الحديد يعطى الأسمنت اللون الرمادى ويعتبر وجود الماغنسيوم بالأسمنت ضار ويجب ألا تزيد قيمته عن ٤ % أما ثالث أكسيد الكبريت فيساعد على تأخير زمن الشك للأسمنت ويجب ألا تزيد كميته عن ٢٫٧٥ % من وزن الأسمنت • وتوجد القلويات بكمية ضئيلة فى الأسمنت ويجب ألا تزيد كميتها حتى لا تسبب التفاعل القلوى للركام فى الخرسانة •

وعند أضافة الماء للأسمنت يتفاعل ثالث سليكات الكالسيوم مع الماء بسرعة وتكون مادة جيلاتينية لها جودة التلاحم وينتج عن هذا التفاعل درجة حرارة وهو يعطى المقاومة للخرسانة فى الأربعة عشر يوما الأولى • أما ثانى سليكات الكالسيوم فتتفاعل مع الماء ببطء • وتسبب تصاعد بطيء للحرارة وهى التى تسبب زيادة مقاومة الخرسانة فى الفترة ما بين ١٤ ــ ٢٨ يوما وبعد ذلك كما أنها تساعد على ثبات حجم الأسمنت وتقلل الانكماش بعد الجفاف وتجعله تقاوم لتأثير الكيماويات •

أما ثالث الومينات الكالسيوم فيتفاعل مع الماء بسرعة ويصحب ذلك درجة حرارة عالية وهو الذى يساعد على التصلد المبدئى وتأثيره بسيط على قوة الأسمنت النهائية ولا يقاوم التأثيرات الكيميائية وخاصة الكبريتات • أما رابع ألومينات حديد الكالسيوم فتتفاعل مع الماء ببطء وليس لها أى تأثير على أى خاصية من خواص الأسمنت فلا تعتبر كمادة لاحمة ولا تؤثر على قوة ضغط الاسمنت •

وتصل درجة الحرارة المصاحبة لتفاعل الأسمنت مع الماء الى حوالى ١٠ °م في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى وحوالى ٤٠ °م اذا أستعمل الأسمنت سريع التصلد وحوالى ١٠٠ °م اذا أستعمل الأسمنت الألومينى ٠



الخواص الميكانيكية والطبيعية للأسمنت البورتلاندى :

أ - نعومـــة الأسمنـــــت : Finness of cement

أن زيادة نعومة الأسمنت تزيد من المساحة السطحية للأسمنت مما يساعد على سرعة تفاعل الأسمنت مع الماء المضاف اليه كما أن حبيبات الأسمنت الخشنة لا يتفاعل الجزء الداخلى منها مع الماء الا بعد فترة طويلة وقد لا يتفاعل هذا الجزء مطلقا فى الخلطات الجافة ولذلك فان نعومة الأسمنت تعطى له قوة مبكرة كبيرة وتساعد على ثبات حجمه وتقلل من انكماش الخرسانة وتحسن من قابليتها للتشغيل . وتنص المواصفات القياسية على أن درجة نعومة الأسمنت يجب أن تكون بحيث لا يتبقى على المنخل رقم ١٧٠ أكثر من ١٠٪ للأسمنت البورتلاندى العادى (مواصفات قياسية مصرية) وألا يتبقى على المنخل رقم ٢٠٠ أكثر من ٢٢٪ (مواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد) . ويمكن تحديد نعومة الأسمنت بحساب المساحة السطحية بجهاز بلين وهى تتراوح بين ٢٤٠٠ - ٢٨٠٠ سم٢ / جم للأسمنت البورتلاندى العادى وبين ٣٥٠٠ - ٤٢٠٠ سم٢ /جم للأسمنت سريع التصلد وتتوقف نعومة الأسمنت على طريقة صناعة ومكوناته الكيميائية ودرجة الاحتراق والطحن ومدته ونوع الطواحين المستعملة .

ب - الوزن النوعـــى specific weight of cement

يكون الوزن النوعى للأسمنت حوالى ٣٫١٥ وتتوقف قيمته على مكونات الأسمنت

الكيميائية وعلى نعومة الأسمنت ويستعمل فى بعض طرق تصميمات الخلطات الخرسانيــة •

جـ ــ زمن شك وتصلد الأسمنت البورتلاندى العادى
"setting time of cement"

عند اضافة الماء الى الأسمنت تتكون عجينة لدنه تفقد لدونتها بمــرور الوقت وعندما تفقد عجينة الأسمنت هذه اللدونة تماما يقال أنها قد شكت وهناك زمــن شك ابتدائى وزمن شك نهائى للآسمنت وتتطلب المواصفات ألا يقل زمن الشك الابتدائى عن ٤٥ دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائى عن عشر ساعات حيث أن صغر زمن الشــك الابتدائى لا يسمح بوضع المونــة فى مكانها صالحة كمادة لاحمة ولا يعمل على تصلــــد الخرسانة قبل نقلها ووضعها فى مكان الصب كما أن زيادة زمن الشك النهائى يعمل على تأخير ازالة الشدات الخشبية للخرسانة ويؤخر اتمام الانشاء واستعمال المنشأ ، وتؤثــر العوامل الآتيــــة على زمن شك الأسمنت :

١ ــ التركيب الكيميائى ونسبة الجبس المضاف (٢ ــ ٦٪) الى الكلنكر لتأخــير زمن الشـــــك •

٢ ــ درجة التكليس ودرجة النعومـــــة •

٣ ــ درجة الحرارة والرطوبـــــــة •

٤ ــ كمية الماء المضاف للخلط ومدة الخلط •

وفى حالة عدم اضافة جبس فان ثالث الومينات الكالسيوم ورابع الومينات حديد الكالسيوم يساعدان على الشك اللحظى للاسمنت نتيجة تكون بلورات الومينات ثلاثى الكالسيوم المائية أما فى حالة اضافة الجبس فانه يعمل على تقليل تركيز ثالث الومينات الكالسيوم فلا تنفصل هذه البللورات حتى يستنفذ الجبس أولا فيعمل الباقى من ثالث الومينات الكالسيوم على شك الاسمنت اللحظى نتيجة تكون هذه البللورات واذا كانت كمية الجبس كبيرة بحيث يستنفذ ثالث الومينات الكالسيوم أولا يبدأ ثالث سليكات الكالسيوم فى العمل على انفصال بللورات ابرية فى وسط جيلاتينى من ثانى سليكات الكالسيوم الذى يتم تبلوره ببطء .

د ـ مقاومة الاسمنت البورتلاندى : strength of cement

نظرا لأن مقاومة الشد فى الاسمنت ضعيفة جدا فان مونة الاسمنت والخرسانة تكون هى أيضا ضعيفة وليست ذات أهمية ولا يعتبر اختبار الشد اختبارا قياسيا فى المواصفات وتحدد مقاومة الشد بعمل قوالب خاصة من مونة الاسمنت والرمل (رمل قياسى) بنسبة ١ : ٣ بالوزن مع اضافة ٨٪ من وزن الرمل والاسمنت ويعمل اختبار الشد للاسمنت سريع التصلد فقط .

أما مقاومة الاسمنت للضغط فهى عالية ولذلك فان مقاومة الضغط للخرسانة والمونة أيضا عالية ويحدد اجهاد الضغط باختبار مونة من الاسمنت والرمل (رمل قياسى) بنسبة ١ : ٣ بالوزن مع اضافة ماء بنسبة ١٠٪ من وزن الرمل والاسمنت وذلك بعمل

قوالب مكعبة من مونة الاسمنت طول ضلع المكعب ٧٫٠٦ سم (أى مساحة مسطح المكعب = ٥٠ سم٢) وتنص المواصفات على أن مقاومة الضغط لمونة الاسمنت لبعض أنواع الاسمنت البورتلاندى كالاتى :

نوع الاسمنت	مقاومة الضغط بالكجم/سم٢	
	بعد ٣ أيام	بعد ٧ أيام
بورتلاندى عادى	لاتقل عن ١٥٤	لا تقل عن ٢٣٨
بورتلاندى حديدى	لا تقل عن ١١٢	لا تقل عن ٢١٠
بورتلاندى سريع التصلد	لا تقل عن ٢١٠	لا تقل عن ٢٨٥

العوامل المؤثرة على مقاومة ضغط الاسمنت :

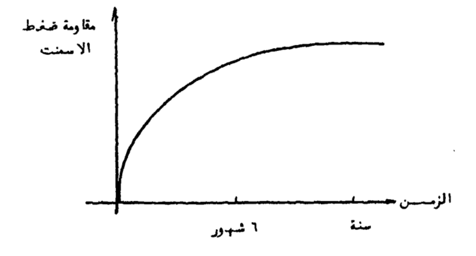
أ - كلما صغرت درجة حرق مواد الاسمنت عن الدرجة المطلوبة تقل مقاومة الاسمنت للضغط .

ب - زيادة نعومة حبيبات الاسمنت تزيد من مقاومة ضغط الاسمنت .

جـ - كلما زادت نسبة ثالث سليكات الكالسيوم و/ أو ثالث الومنيات الكالسيوم فى الاسمنت تزيد مقاومة الاسمنت المبكرة .

د - تزيد مقاومة الاسمنت مع الزمن بمعدل يتناقص كلما زاد الزمن كما هو موضح بالرسم المبين .

هـ - تقل مقاومة مونة الاسمنت كلما زادت كمية الرمل بها وقلت كمية الاسمنت



ثبات حجم الاسمنت : soundness of cement

يقصد بثبات حجم الاسمنت عدم زيادة حجم الاسمنت بعد تمام عمليـــــة الشك نتيجة تمدد بعض المواد الداخلة فى تكوين الاسمنـــــت .

أسباب عدم ثبات حجم الأسمنت :

أ - لا يتفاعل الجير الحي الموجود بالأسمنت بسرعة مع الماء وعندما تخترق الرطوبة غلاف حبيبة الجير الحي يكون الأسمنت قد بدأ يشك وعندما يبدأ اطفاء الجير الحي يزداد حجمه فيسبب تفتت وتشريخ الخرسانة أو مونة الأسمنت ومن هنا تبدو أهمية اضافة الجبس بالنسبة المناسبة لتأخير زمن شك الأسمنت حتى يتم أطفاء الجير الحي قبل أن يتصلد الأسمنت ويمكن تقليل عدم ثبات الحجم بزيادة نعومة الأسمنت حيث أن ذلك يساعد الجير الحي على التفاعل بسرعة مع الماء لصغر حجم الحبيبات ·

ب - وجود نسبة عالية من الماغنسيوم بالأسمنت وخاصة بعد الاحتراق مع الكلنكر تتطلب مدة أطول من زمن شك الأسمنت حتى يتم اطفاءها فتسبب عدم ثبات حجم الأسمنت ولذلك تنص المواصفات على عدم زيادة نسبة الماغنسيوم بالاسمنت عن ٤ %·

جـ - وجود الكبريتات بالأسمنت يتسبب في تكوين كبريتات الكالسيوم الألومنيية وكلما زادت كميتها تسبب عدم ثبات حجم الأسمنت ولذلك تنص المواصفات على الا تزيد نسبة ثالث أكسيد الكبريت بالأسمنت عن ٣ % ·

أنواع الاسمنت البورتلاندى :

أن دراسة المواد الخام ومكونات الأسمنت البورتلاندى وتحديد خواص كل منها جعلت من الممكن الحصول عن طريق تغيير نسب هذه المكونات على أنواع مختلفة من

الأسمنت البورتلاندى كل منها يتميز بخواص معينة تجعله صالح لاستعمالات معينة كما سيأتى فيما بعد وجميع هذه الانواع تشترك فى خاصية التصلب والشك الذى يتميز بها الاسمنت •

١ ـ الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد (أسمنت سوبر كريت) :

"High early strength portland cement"

يصنع هذا الأسمنت بحرق المواد الخام الغنية بالجير ثم يطحن لد رجة عالية من النعومة وهو يحتوى على نسبة عالية من ثالث سليكات الكالسيوم وثالث الومينات الكالسيوم مما يساعد على الحصول على معظم مقاومة الأسمنت بعد اليوم الأول وعلى كل مقاومة الأسمنت تقريبا فى الثلاثة أيام الأولى وزمن الشك لهذا الأسمنت مماثل تقريبا لزمن شك الأسمنت البورتلاندى العادى • وتكاليف هذا النوع من الأسمنت حوالى ٢٠ ـ ٣٠٪ زيادة عن الأسمنت البورتلاندى العادى ويكون أرخص اقتصاديا فى بعض الأحيان عند الاستعمال لسرعة فك الشدات الخرسانية وسرعة استعمال المنشأ والاستفادة منه اقتصاديا مما يعوض زيادة تكاليف الأسمنت •

ويستعمل فى صناعة الخرسانة الجاهزة حتى يمكن نقلها بعد فترة قصيرة من صبها بعد أن تكون أكتسبت المقاومة المطلوبة التى تمكن من ذلك •

ودرجة حرارة تفاعل هذا الأسمنت مع الماء عالية ويجب العناية بسرعة معالجته بالماء حتى لا يتسبب اختلاف درجة الحرارة فى الاجزاء المختلفة عن اجهادات شد داخلية فى الخرسانة تساعد على حدوث تشققات بها ولا يفضل استعمال هذا الأسمنت فى المنشآت الخرسانية ذات القطاعات الضخمة .

٢ ـ الأسمنت البورتلاندى ذو حرارة التفاعل المنخفضة :

Low heat portland cement

بمقارنة هذا الأسمنت ، بالأسمنت البورتلاندى العادى ، نجد أنه يحتوى على نسبة صغيرة من الجير ونسبة عالية من السليكا كما انه أكثر نعومة والحرارة المنبعثة نتيجة تفاعله مع الماء حوالى ثلث الحرارة المنبعثة من الأسمنت البورتلاندى العادى وهذا يساعد على تقليل التمدد والانكماش بالخرسانة وهو يحتوى على نسبة أقل من ثالث سليكات الكالسيوم ونسبة أكبر من ثانى سليكات الكالسيوم مما يساعد على بطء تصلبه ويجعله أكثر صلاحية للاستعمال فى المنشآت الخرسانية الكتلية التى تحتاج لوقت كبير لصبها مما يساعد على جعل انكماشها وتمددها فى النهاية ككتلة واحدة . ومقاومة خرسانته أضعف فى الأيام الأولى من الصب ولكنها تتساوى بمرور الوقت مع مقاومة خرسانة الأسمنت البورتلاندى .

٣ - الأسمنت البورتلاندى الأبيض : White portland cement

يصنع الأسمنت البورتلاندى الأبيض بنفس طريقة صناعة الأسمنت البورتلاندى العادى بحرق الحجر الجيرى النقى مع الطين الأبيض النقى ولكنه يختلف عنه فى أن نسبة أكاسيد الحديد به لا تزيد عن ٠٫٥٪ مما يكسبه اللون الأبيض وأكاسيد الحديد هى التى تعطى الأسمنت البورتلاندى العادى اللون الرمادى • وصفات الاسمنت البورتلاندى الابيض هى نفس صفات الاسمنت البورتلاندى العادى والنسب المئوية للمركبات الرئيسية لهذا الأسمنت كالاتى :

ثالث سليكات الكالسيوم	٥١ ٪
ثانى سليكات الكالسيوم	٣٢ ٪
ثالث ألومينات الكالسيوم	١٠٫٣ ٪
رابع الومنيات حديد الكالسيوم	١٫٢ ٪

ويستعمل هذا الأسمنت فى صناعة البلاط وأعمال ديكور المبانى وفى البياض الخارجى للمبانى ولعمل الرخام والبلاط الموزايكو والأدوات الصحية وفى صناعة كتل الواجهات •

٤ - الأسمنت البورتلاندى الملون : Coloured portland cement

يتكون هذا الأسمنت من الأسمنت البورتلاندى الأبيض المضاف اليه الألوان مناسبة خاملة لا تتفاعل مع الأسمنت ولا تتأثر بالجير ولا يتغير لونها وتضاف هذه الالوان عند طحن الكلنكر ويجب الا تزيد كميتها عن ١٠ ٪ من وزن الأسمنت حتى لا تقلل من

مقاومة الاسمنت وتزيد من انكماشة حيث أن تأثيرها على مقاومته هو نفس تأثير الطـــين •

٥ ـ الاسمنت البورتلاندى المـقاوم لنفاذ الماء :

" Water tight portland cement "

وجد أن اضافة ٢٪ من سترات الصوديوم الى الكلنكر عند طحنه تكسب الاسمنت البورتلاندى مناعة لنفاذ الماء • ويكون ذلك نتيجة تكون سترات الكالسيوم عند اضافـة الماء للاسمنت وهو مادة طاردة للماء فتعمل على تحسين مقاومة الخرسانة لنفاذ المـاء وقد تقلل اضافة المواد الغير منفذة من مقاومة الخرسانة ولذلك يجب زيادة محتـــوى الاسمنت فى الخلطات الخرسانية المستعملة •

ـ الاسمنت البورتلاندى الحـديدى :

"Blast furnace slag portland cement."

يستعمل الطين والحجر الجيرى كعامل مساعد فى صناعة الحديد وبطريقة الفرن العالى وهذا يساعد على توافركميات كبيرة من خبث الحديد فى مصانع الحديد والصلب ويكون تركيبة الكيميائى :

السليكا	من ٣٠ ـ ٤٠ ٪
الالومينا	من ٨ ـ ١٨ ٪
أكسيد الكالسيوم	من ٤٠ ـ ٥٠٪

وهو يشبه الى حد ما ناتج تكلس الحجر الجيرى والطين • وتحدد المواصفات البريطانية نسبة جلخ الحديد الداخل فى صناعة الأسمنت البورتلاندى الحديدى بحوالـــــى ٦٥٪ أما المواصفات الأمريكية فتحدده بنسب تتراوح بين ٢٥ ـ ٦٥٪ وفى مصـــر يصنع الأسمنت البورتلاندى الحديدى باضافة جلخ الحديد الى الكلنكر بنسبـــــة ٣٥ ٪ من المخلوط مع اضافة ٤ ٪ جبس للتحكم فى زمن الشك واستعمالاته هى نفـــس استعمالات الأسمنت البورتلاندى العـــادى •

مزايا الأسمنت البورتلاندى الحـــديدى :

أ ـ أرخص من الأسمنت البورتلاندى العـــادى •

ب ـ أكثر مقاومة لماء البحر والكيماويات لاحتوائه على نسبة أقل من أكسيد الكالسيوم ونسبة أعلى من السليكا والالومينـا •

جـ ـ درجة الحرارة المنبعثة منه عند تفاعله مع الماء أقل منها فى حالة الأسمنـــت البورتلاندى العادى مما يجعله أكثر صلاحية للاستعمال فى المنشئات الخرسانية ذات الكتل الكبـــيرة •

٢ ـ الأسمنت عالى الالومينـــا : "High alumina cement"

يصنع هذا الأسمنت بصهر المواد الجيرية والمواد الالومينيـــــة (الجير والبوكسيت) حتى السيولة ثم تبريد الناتج وطحنة ناعما بدون أضافـــــة مواد اخرى بعد صهر المواد الخام سوى الماء • ونسبة الالومينا فى هــــذا

الأسمنت عالية ويتراوح قيمتها بين ٣٥ - ٤٤ ٪ مما يساعد على سرعة تصلب الأسمنت وحصوله على مقاومته القصوى فى ٢٤ ساعة بينما يحتاج الأسمنت البورتلاندى العادى الى ٢٨ يوما للحصول على معظم مقاومته القصوى نتيجة تكون الومينات الكالسيوم الأحادية والتى يصحبها ارتفاع كبير وسريع فى درجة الحرارة واذا خلط هذا الأسمنت مع الأسمنت البورتلاندى العادى ينتج منهمـــا أسمنت يشك فى لحظــات •

مزايا الأسمنت عالى الالومينـــا :

أ - الحصول على قـوة تحمل مناسبة بعد ٢٤ ساعة •

ب - يقاوم تأثير الكبريتات والأحماض المخففة وماء البحر أكثر من أى نوع مــن الأسمنت البورتلاندى •

عيوب الأسمنت عالى الألومينـــا :

أ - يفقد جزء من مقاومته عند ارتفاع درجة الحرارة الى أكثر من ٣٠ ْم ولذلــك لا يستعمل فى البلاد والمناطق الحــارة •

ب - تكاليف هذا الأسمنت تصل الى ثلاثة أمثال الأسمنت البورتلاندى العــادى •

جـ - يجب عدم استخدام الأسمنت عالى الالومينا فى المنشئات الخرسانية ذات الكتل الضخمة نتيجة الحرارة الكبيرة المنبعثة عند التفاعل مع الماء حيث أن الانكمــاش والتمدد سيكون كبيرا فيسبب تشققات بالخرسانة •

٨ - الأسمنت المخلوط (الأسمنت كرنـــك) :

يتكون الأسمنت الكرنك بخلط كلنكر الأسمنت البورتلاندى العادى مــع ٢٥٪ رمل سيليسى ثم الطحن لدرجة نعومة كبيرة وهذا الاسمنت رخيص الثمن وتبــين الابحاث أن الأسمنت الكرنك تقل مقاومته فى الضغط عن الأسمنت البورتلاندى العــادى بحــوالى ٣٠ - ٣٥ ٪ .

٩ - الأسمنت البورتلاندى المقاوم لمياه البحــار :

" Sea water cement "

ويسمى بالأسمنت المقاوم للكبريتات والمياه المالحة ويصنع بخلط الحجــر الجيرى بالرمال مع الطين مع اضافة بيريت الحديد أو مصدر من مصادر الحديد ليعطــى نسبة عالية من رابع الومينات حديد الكالسيوم ويستعمل فى المنشآت الخرسانية المعرضــة لمياه البحار وأرصفة الموانى وحواجز الأمواج . وفى الأساسات المعرضة لمياه تحتــوى على نسبة عالية من الكبريتــات .

* *

*

اختبـــارات الأسمنـــت

(م٠ق ٣٧٣ / ١٩٦٣)

(١) اختبـــار النعومـــة

Determination of finnes of cement.

الغـــرض من الاختبـــار :

تحديد نعومة الأسمنت اما عن طريق تحديد مقاس حبيباته أو بقياس مساحتـه السطحية ومن نتائج هذا الاختبار يمكن تحديد بعض خواص الأسمنت الأخرى حيـث أن نعومة الأسـمنت تساعد على سرعة تفاعل الماء مع الأسمنت لكبر مساحة سطـح الحبيبات وانتشار الماء على هذه المساحة السطحية وهذا يساعد الأسمنت على الحصـول على قوته مبكرا وبالتالى تكون مقاومة ضغط الخرسانة عالية ، كما أن زيادة نعومة الأسمنت تزيد من قابلية الخرسانة للتشغيل وتحسن تماسك الخلطة الخرسانيـة ٠

أخـــذ العينـــات :

تؤخذ العينة من أماكن متفرقة بالشكارة أو من عدة شكارات أن أمكن حـتى تمثل حالة الأسمنت المختبر تمثيلا حقيقيا على أن تؤخذ هذه العينات بواسطة المشترى أو مندوبه فى خلال أسبوع من تاريخ توريد الأسمنت على أن تحفظ هذه العينات فـى

وعاء محكم جاف نظيف ثم تجرى عليها الاختبارات فى خلال أربعة أسابيع من التوريــد .

تجهيـــيز عينـة الاختبـــار :

تجهز عينة الاختبار بخلط اثنتى عشر عينة فرعية متساوية تقريبا مأخوذة مــن مواقع مختلفة موزعة بانتظام فى رسالة الأسمنت ويراعى فى حالة الأسمنت الموجود بالصوامع أن تؤخذ العينات الفرعية أثناء الملء أو التفريغ أما فى حالة الأسمنت المعبأ بالشكايــر فتؤخذ العينات الفرعية من ست شكاير واذا قل عدد الشكاير عن ست فتؤخذ عينـــة فرعية من كل شيكارة وتخلط مع بعضها لتكون عينة الاختبار . ويراعى أن يكون وزن عينـة الاختبار ١٠ كجم على الأقل وذلك لكل رسالة اسمنت تزن ٢٥٠ طنا أو أقل أمـــا اذا زادت الرسالة عن ٢٥٠ طنا فتقسم الى وحدات زنة الواحدة منها ٢٥٠ طنـــا تقريبا ويؤخذ من كل عينة اختبار مستقلـــة .

ويمكن اجراء اختبار النعومة للأسمنت باحدى الطريقتين الآتيتين :

أ — طريقـة النخـــل :

الأجهزة المستعملـــة :

مـــيزان حســاس — المنخل القياسى رقم ١٧٠ .

خطـــوات الاختبـــــار :

١ - توزن عينة من الأسمنت المراد اختبارها وليكن وزنها W = ١٠٠ جـرام .

٢ - تنخل العينة على المنخل رقم ١٧٠ لمدة ١٥ دقيقة اذا كان النخل يدويا ولمدة ٥ دقائق اذا كان النخل ميكانيكيا مع مراعاة تغطية المنخل بغطاء محكم حتى لا يتسرب أى جزء من الأسمنت اثناء عملية النخـــل .

٣ - يوزن المتبقى على المنخل وليكـــن W_1

تحليل نتائج الاختبـــــار :

$$\text{نعومة الأسمنت} = \frac{W_1}{W} \times ١٠٠$$

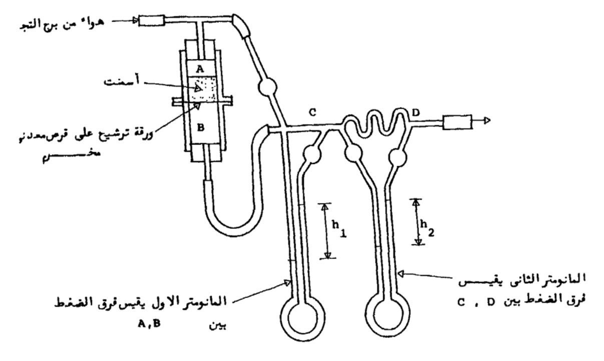
وتنص المواصفات المصرية القياسية رقم ٣٧٣ / ١٩٦٣ على ألا تزيد نسبة المحجـــوز من الأسمنت على المنخل القياسى رقم ١٧٠ عن ١٠ ٪ بالوزن للأسمنت البورتلاندى العادى وعن ٥ ٪ بالوزن للأسمنت البورتلاندى سريع التصلـــد .

ب - طريقة بلين لتحديد المساحة السطحية للأسمنت :

الأجهزة المستعملـــــة :

يستعمل جهاز بلين كما بالشكل المبين وهو يتكون من الآتـــــى :

١ - اسطوانة بها قرص معدنى مزود بثقوب ذات فتحات معينة يثبت عليه ورقـــــة



جهاز بلين لتعيين المساحة السطحية للاسمنت

ترشيح ليوضع عليها الأسمنت .

٢ — جزء خاص يدفع هواء من برج التجفيف ليمر خلال الفراغات بين حبيبات الأسمنت

٣ — مانومتر لقياس فرق الضغط بين B , A ومانومتر لقياس فرق الضغط بين D , C

خطوات الاختبار :

١ — يثبت ورقة ترشيح فوق القرص المعدني المثقوب ثم يوضع طبقة من الأسمنت فوق ورقة الترشيح .

٢ — يدفع هواء من برج التجفيف ليمر خلال طبقة الأسمنت والتي لها درجة مسامية معينة تتوقف على مقاس حبيبات الأسمنت .

٣ — يقاس مدى اختراق الهواء خلال طبقات الأسمنت عن طريق قياس فرق الضغط h_1 بين B , A بواسطة المانومتر الأول فرق الضغط h_2 بين D , C بواسطة المانومتر الثاني .

تحليل النتائج :

تحسب المساحة السطحية للأسمنت من المعادلة الاتية :

$$\text{المساحة السطحية للأسمنت} = C \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

حيث C = عدد ثابت للجهاز

وتنص المواصفات القياسية المصرية ١٩٦٣/٣٧٣ على ألا تقل المساحة السطحية للأسمنت البورتلاندى العادى عن ٢٢٥٠ سم٢ / جم وللأسمنت سريع التصلد عن ٣٢٥٠ سم٢ / جم وتتراوح المساحة السطحية للأسمنت البورتلاندى المصنع حاليا بين ٢٤٠٠ ـ ٢٨٠٠ سم٢ / جم وللأسمنت سريع التصلد بين ٣٥٠٠ ـ ٤٢٠٠ سم ٢/جم .

المناقشة : Discussion

١ ـ ما هو تعريف نعومة الأسمنت ؟

٢ ـ ما هى أهمية خاصية النعومة للأسمنت ؟ وهل تؤثر نعومة الأسمنت على خواصه الطبيعية والميكانيكية الأخرى ؟ بين لماذا ؟

٣ ـ ما هى العوامل التى يتوقف عليها مدى نعومة الأسمنت ؟

٤ ـ هل تؤثر زيادة نعومة طحن الأسمنت على قوة الخرسانة ؟ ولماذا ؟

٥ ـ أشرح كيفية اجراء اختبار نعومة الأسمنت باستخدام المنخل القياسى رقم ١٧٠ ؟

٦ ـ هل يعتبر تعيين نعومة الأسمنت بطريقة النخل دلالة صحيحة تماما على مدى النعومة ؟ ولماذا اعتبرت طريقة تعيين نعومة الأسمنت بتحديد المساحة السطحية النوعية له أنها تعبر تعبيرا صحيحا عن النعومة ولذلك نصت عليها المواصفات القياسية فى اختبار النعومة لقبول الأسمنت .

٧ ـ اشرح كيفية تعيين نعومة الأسمنت بطريقة بلين لنفاذية الهواء بتحديد

المساحة السطحية النوعية للأسمنت . ارسم تخطيطيا الجهاز المستخدم فى هذه الطريقة .

٨ - أذكر النتائج المعملية لنعومة الأسمنت المختبر بطريقة المنخل .

٩ - هل تختلف نعومة الأسمنت البورتلاندى العادى عن نعومة الأسمنت البورتلاندى سريع التصلب ؟.

١٠ - ما هى حدود النعومة التى تحددها المواصفات القياسية للأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت البورتلاندى سريع التصلب والأسمنت الحديدى والأسمنت ذو الحرارة المنخفضة والأسمنت الالومينى ؟ .

١١ - اشرح كيف تحضر العينة اللازمة لاختبار الأسمنت البورتلاندى العادى طبقا لاشتراطات المواصفات القياسية ؟

١٢ - ما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها عند ارسال عينة اختبار الأسمنت من مكان العمل الى معمل الاختبار ؟.

١٣ - ما هى اقصى مدة بعد تحضير عينة الاختبار يسمح خلالها فقط باختبار الأسمنت ولماذا ؟

١٤ - هل لطريقة تخزين الأسمنت تأثير على كيفية تحضير عينة الاختبار من الكمية المختزنة ؟ اشرح لماذا ؟

*　　*

*

(٢) اختبار الوزن النوعى للأسمنت

Determination of specific weight of cement.

الغرض من الاختبــــــار :

تعيين الوزن النوعى للأسمنت وهو يستعمل فى تصميم الخلطات الخرسانية وقيمته ثابته تقريبا للأسمنت البورتلاندى العادى وتصل الى ١٥ر٣ .

الأجهزة المستعملــــة :

١ - قنينة الكثافة المبينة بالشكل .

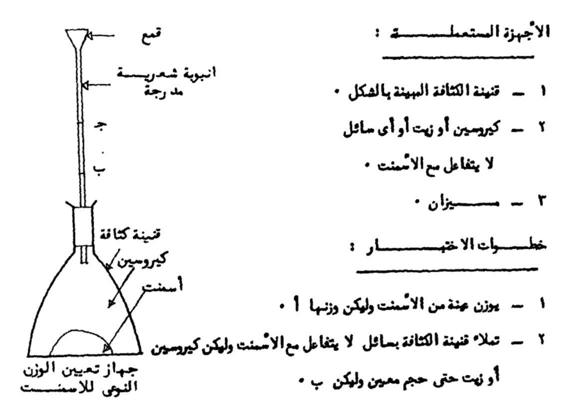
٢ - كيروسين أو زيت أو أى سائل لا يتفاعل مع الأسمنت .

٣ - ميــــزان .

خطـــوات الاختبــــار :

١ - يوزن عينة من الأسمنت وليكن وزنها أ .

٢ - تملأ قنينة الكثافة بسائل لا يتفاعل مع الأسمنت وليكن كيروسين أو زيت حتى حجم معين وليكن ب .



٣ ـ يوضع الأسمنت داخل قنينة الكثافة مع الطرق خفيفا لطرد فقاعات الهواء فيرتفع الكيروسين فى الانبوبة الشعرية .

٤ ـ يقرأ الحجم على الانبوبة الشعرية وليكن ج .

تحليل النتائج :

$$\text{الوزن النوعى للأسمنت} = \frac{\text{أ}}{\text{ج} - \text{ب}}$$

المناقشة : Discussion

١ ـ ما هى أهمية تعيين الوزن النوعى للأسمنت ؟

٢ ـ أشرح الطريقة التى أجريت معمليا لتعيين الوزن النوعى للأسمنت .

ولماذا استخدم البنزين بدلا من الماء عند تعيين حجم الأسمنت المختبر ؟

٣ ـ ما هى العوامل التى تؤثر فى قيمة الوزن النوعى للأسمنت ؟

٤ ـ أذكر قيمة الوزن النوعى للأسمنت المختبر .

٥ ـ هل تختلف قيمة الوزن النوعى للأسمنت باختلاف نوعه ؟ ولماذا .

٦ ـ هل يصلح تحديد قيمة الوزن النوعى للأسمنت كأساس لقبول أو رفض الاسمنت ؟ ولماذا لم تنص مواصفات الاسمنت القياسية على ضرورة تعيين الوزن النوعى للاسمنت ؟

(٣) اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية

Determin tion of consistance of standard
·Cement paste.

الغـــرض من الاختبـــار :

تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة من الأسمنت ذات قوام قياسى لاستعمالها في تحضير عينات اختبار زمن الشك واختبار ثبات الحجم للأسمنت .

كميـــة الماء القياسيـــة :

هى كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة قياسية من الأسمنت تسمح لطرف اسطوانـــة جهاز فيكات (القطر ١٠ مم) بالنفاذ خلالها الى نقطة تبعد عن قاع قالب الجهـــاز مسافة ٥ ـ ٧ مم عند اختبار عجينة الأسمنت .

الأجهزة المستعملـــة :

١ ـ جهاز فيكات المبين بالرسم

٢ ـ مـــيزان

٣ ـ مخبار مدرج لتحديد كمية الماء المضافـــة .

٤ ـ لوح غير مسامى من المعدن أو الرخام .

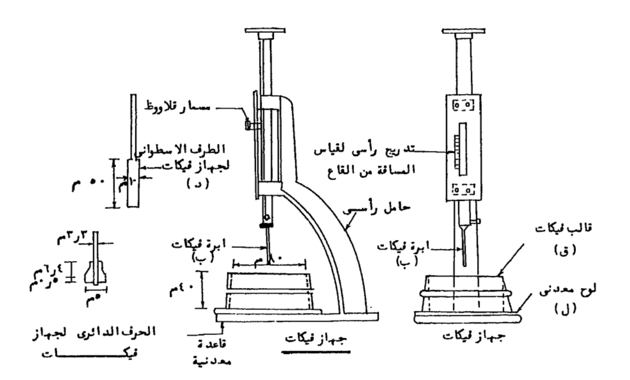
جهـــــاز فيكـــــات :

هو عبارة عن حامل مثبت على قاعدة والحامل مجهز بمجرى رأسية يتحرك بداخلها اسطوانة يمكن تثبيتها عند أى ارتفاع بواسطة مسمار قلاووظ ومثبت بالمجـــرى الرأسية مقياس مدرج عليه علامة تشير الى صفر التدريج عندما يكون طرف اسطوانـــــة جهاز فيكات عند قاع قالب الجهاز الموضوع على قاعدة الجهاز وقالب جهاز فيكات مـــن المعدن وهو عبارة عن مخروط ناقص ارتفاعه ٤٠ مم وقطره العلوى الداخلى ٨٠ مـــم ويمكن تثبيت ابرة معدنيـة ذراعها مربع طول ضلعه ١ مم بنهاية الطرف الاسطوانـــى لجهاز فيكات وتستعمل عند اجراء اختبار زمن الشك الابتدائـــى للأسمنت ويثبـــت بنهاية الابرة حرف دائرى كما بالشكل لاجراء اختبار زمن الشك النهائى للأسمنت •

خطـــوات الاختبـــــار :

١ ـ تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٤٠٠ جرام يضاف اليها كمية مناسبة من المــاء (تقدر كنسبة مئوية من وزن كمية الأسمنت الجاف) وتجرى عملية الخلـــــط جيدا لتجهيز عجينة الأسمنت بحيث تكون مدة الخلـط ٤ (+ $\frac{1}{4}$ دقيقـة) ومدة الخلط هى الزمن المحصور بين بدء اضافة الماء الى الأسمنت الجاف ـ حتى بدأ ملء قالب جهاز فيكات بعجينة الأسمنت •

٢ ـ يملأ قالب جهاز فيكات (ق) المرتكز على لوح مستوى غير مسامى ملئا تامـــا ودفعة واحدة بعجينة الأسمنت السابق تحضيرها ثم يسوى سطح العجينـــة



مسمار قلاووظ
الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات
(د)
٥٠ مم
١٠مم
تدريج رأسى لقياس المسافة من القاع
حامل رأسى
قالب فيكات
(ق)
لوح معدنى
(ل)
ابرة فيكات
(ب)
٨٠مم
٤٠مم
١ر٣مم
٦ر٤مم
٥ر٠مم
٥مم
الحرف الدائرى لجهاز فيكـــــــات
قاعدة معدنية
جهاز فيكات
جهاز فيكات

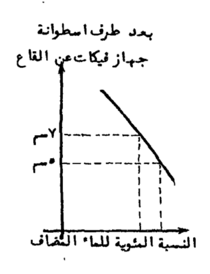
مع حافة القالب بسرعة — ويراعى عند ملء القالب ألا تستعمل فى ذلك سوى يد القائم بالاختبار وسلاح مسطرين الخلط القياسى زنة ٢١٠ جم تقريبا .

٣ — توضع عجينة الاختبار الموجودة داخل قالب فيكات والمرتكز على اللوح المستوى غير المسامى (ل) تحت القضيب الحامل للطرف الاسطوانى لجهاز فيكات ثم يدلى الطرف الاسطوانى (د) ببطء حتى يمس سطح العجينة ثم يترك بعد ذلك حرا تحت تأثير وزنه لينفذ فى العجينة . ويراعى أن تتم هذه العملية بعد ملء قالب فيكات مباشرة .

٤ — يحدد مقدار نفاذ الطرف الاسطوانى على عجينة الأسمنت بتعيين المسافة بينه وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدريج الموجود بالجهاز (وذلك بأخذ القراءة على التدريج والموجودة امام العلامة الافقية على اسطوانة جهاز فيكات فتدل على ارتفاع الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات عن قاع القالب .)

٥ — يعاد عمل عجائن تجريبية بكميات مختلفة من الماء للوصول الى كمية الماء التى تعطى عجينة الأسمنت ذات القوام القياسى السابق ذكرها وتقدر هذه الكمية على هيئة نسبة مئوية من وزن الأسمنت الجاف ويراعى عند اجراء هذا الاختبار أن تكون أجهزة الخلط نظيفة وأن تكون درجة حرارة الأسمنت والماء وحرارة الغرفة فى حدود ١٨ — ٢٤ درجة مئوية .

ويمكن استعمال النتائج التى تم الحصول عليها من العجائن المختلفة لرسم منحنى يمثل



العلاقة بين النسبة المئوية للماء المضاف وبعد طرف اسطوانة جهاز فيكات عن قاع القالب ويحدد من هذا المنحنى كمية الماء التى تعطى عجينة قياسية من الأسمنت كما بالشكل •

المناقشة : Discussion

١ — ما هى كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية ؟

٢ — ما هى اهمية تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية ؟

٣ — اشرح كيفية اجراء هذا الاختبار واذكر النتائج العملية التى حصلت عليها •

٤ — ارسم المنحنى البيانى للنسبة المئوية للماء المستخدم فى التجارب ومقدار هبوط الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات فى عجينة الأسمنت وعين من هذا المنحنى النسبة المئوية للماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية •

٥ — ارسم تخطيطيا جهاز فيكات المستخدم فى اجراء هذا الاختبار وبين اجزائه المختلفة •

٦ — ما هى العوامل التى تؤثر فى تغيير كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الاسمنت القياسية ؟

٧ — ما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها عند اجراء هذا الاختبار ؟

* *

*

(٤) اختبار تعيين زمن الشك الابتدائى وزمن الشك النهائى للأسمنت

Determination of initial and final setting time of cement.

الغرض من الاختبار :

تعيين زمن الشك الابتدائى وزمن الشك النهائى للأسمنت وقد نصت المواصفات المصرية القياسية ٣٧٣/١٩٦٣ على ألا يقل زمن الشك الابتدائى عن ٤٥ دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائى عن ١٠ ساعات • وذلك للأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت البورتلاندى سريع التصلد والأسمنت الحديدى وذلك حتى يكون هناك فرصة كافية لتشغيل وخلط الخرسانة ونقلها الى مكان الصب قبل أن تفقد لدونتها وحتى لا تتأخر الخرسانة فى الوصول الى القوة والمقاومة المناسبة فى الوقت المطلوب مما يؤخر ازالة الفرم والارتفاع بالمنشأ •

زمن الشك الابتدائى : Initial setting time

هو الزمن الذى يمضى من لحظة اضافة الماء للأسمنت الجاف وبنسبة ماء العجينة القياسية والمحدد من الاختبار السابق) الى اللحظة التى تستطيع ابرة جهاز فيكات (ف) أن تنفذ فى عجينة الأسمنت مسافة لا تزيد على ٥ مم من قاع قالب فيكات •

زمـــن الشك النهائى : Final setting time

هو الزمن الذى يمضى من لحظة اضافة الماء للأسمنت الجاف (بنسبـــة ماء العجينة القياسية) الى اللحظـة التى تستطيع ابرة جهاز فيكات (ب) أن تخترق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من ٥ر٠ مم (أى تستطيع ابرة جهاز فيكـــات أ ن تترك اثرا لها ولا يظهر أى أثر لحرف الجزء الاسطوانى جـ المثبت حولها) •

الأجهـــزة المستعملـــة :

١ - ســاعة ايقـــاف •

٢ - يستعمل جهاز فيكات السابق شرحـه مع استبدال الطرف الاسطوانى بابـــرة فيكات لتحديد زمن الشك الابتدائى واستعمال ابرة فيكات المثبت بنهايتهـا الجزء الدائرى لتحديد زمن الشك النهائى •

خطـــوات الاختبـــــار :

١ - تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٤٠٠ جرام ثم تضاف اليها كمية الماء اللازمـة لجعلها عجينة ذات قوام قياسى وهى الكمية التى تحصل عليها من الاختبار رقم (٣) الذى يجب أن يجرى قبل هذا الاختبار مباشرة وتحت نفـــس ظروف درجة الحرارة والرطوبة ويراعى أن تجرى عملية الخلط جيدا بحيث تكون مدة الخلط هى ٤ (± $\frac{١}{٤}$ دقيقة) ومدة الخلط هى الفترة الـــتى

تمر بين بدء اضافة الماء الى الأسمنت الجاف حتى بدء ملء قالب جهاز فيكات بالعجينة الأسمنتيـــــة .

٢ ـ يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح مستوى غير مسامى ملئا تاما ودفعة واحـــدة بعجينة الأسمنت السابق تحضيرها ثم يسوى سطح العجينة مع حافة القالـــب بسرعـة . ويراعى عنـد ملء القالب ألا تستعمل فى ذلك سوى يد الشخص القائم بالاختبار وسلاح مسطرين الخلط العادى زنة ٢١٠ جم تقريبـــــا .

٣ ـ توضع عجينة الاختبار الموجودة داخل قالب فيكات (ق) والمرتكز علـــى اللوح المستوى غير المسامى (ل) تحت ابرة جهاز فيكات (ب) ثم تدلـــى الابرة ببـــطء حتى تمس سطح العجينة بالقالب وتترك الابرة حـرة لتنفذ فـــى العجينة تحت تأثير الوزن الكلى للقضيب والابرة معا (٣٠٠ جم) .

(وتؤخذ قراءة التدريج امام العلامة على الاسطوانة فتدل على بعد طـرف الابرة عن القـــاع) .

٤ ـ تترك العجينة فترة ثم يحرك القالب قليلا حتى لا تهبط الابرة فى النقطة الواحدة أكثر من مرة وتكرر عملية نفاذ الابرة بالعجينة فى مواضع مختلفة الى أن تنفـــذ الابرة الى مسافة لا تزيد عن ٥ مم تقريبا من قاع قالب فيكات (ق) .

فيكون زمن الشك الابتدائى هو الفترة التى تمر بين لحظة اضافة الماء الـــى الأسمنت الجاف ولحظة نفاذ ابرة جهاز فيكات فى عجينة الأســمنت لمسافـة لاتزيد عن ٥ مم تقريبا من قـاع قـالب فيكـــات .

٥ — تستبدل الابرة (ب) بابرة مزودة بالطرف الآخر (جـ) ثم يدلى القضيب ببطء حتى يمس الطرف (جـ) سطح العجينة ويترك حرا لينفذ فى العجينة تحت تأثير الوزن الكلى للقضيب والابرة معا فيظهر أثر دائرى بمركزه أثر الابرة المربع .

٦ — تكرر عملية نفاذ الجزء (جـ) فى مواضع مختلفة من سطح العجينة الى أن تترك الابرة اثرا بالعجينة بينما لا يظهر الاثر الدائرى للجزء المثبت حول الابرة ويجب مراعاة عدم هبوط الطرف (جـ) فى مكان واحد أكثر من مرة ويكون زمن الشك النهائى هو الفترة التى تمر بين لحظة اضافة الماء الى الاسمنت الجاف واللحظة التى تترك ابرة جهاز فيكات أثرا بعجينة الأسمنت بينما لا يظهر الاثر الدائرى للجزء المثبت حول الابرة .

المناقشة : Discussion

١ — ما هو المقصود بزمن الشك الابتدائى وزمن الشك النهائى للأسمنت . ؟

٢ — ما هى اهمية تعيين كلا من زمن الشك الابتدائى للأسمنت . ؟

٣ — اشرح كيفية اجراء اختبار زمن الشك للأسمنت وأذكر النتائج العملية التى حصلت عليها للأسمنت المختبر .

٤ — ارسم تخطيطيا جهاز فيكات المستخدم فى اجراء الاختبار وبيان اجزائه ومقاساتها .

٥ — ما هى العوامل التى تؤثر فى قيمة زمن الشك للأسمنت . ؟

٦ — لماذا يعتبر الأسمنت سريع الشك أو الأسمنت بطىء الشك غير مرغوب فيه ولا يصلح

للأعمال الانشائيـــــــة ؟

٧ ـ ما هو الفرق بين شك الأسمنت وبين تصلد الأسمنت ؟

٨ ـ أذكر حدود زمن الشك للأسمنت البورتلاندى العادى التى حددتها المواصفات القياســـية ؟

٩ ـ كيف يمكن التحكم فى زمن شك الأسمنت أثناء صناعته ؟ اشرح ذلـــك ٠

١٠ ـ هل يختلف زمن الشك باختلاف نوع الأسمنت ؟ قارن بين زمن الشك الابتدائى والنهائى للأسمنت الحديدى والأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت سريع التصلد والأسمنت الالومينى والأسمنت الأبيض والأسمنت ذو الحرارة المنخفضــة ٠

* *

*

(٥) اختبار مقاومة الضغط للأسمنت

Determination of compressive strength of cement .

الغـرض من الاختبـار :

اختبار مقاومة الأسمنت فى الضغط ويكون ذلك بعمل ٦ قوالب مكعبة من مونة الرمل والأسمنت بنسبة ٣ : ١ مع اضافة ماء حوالى ١٠ % من وزن الرمل والأسمنت والمدموكة بمكنة الاهتزازات القياسية ثم اختبار ٣ مكعبات بعد ٣ أيام ، ٣ مكعبات بعد ٧ أيام لتحديد مقاومة الضغط بعد ٣ أيام ، ٧ أيام .

خطـوات الاختبـار :

١ - يخلط كمية من الرمل مع كمية من الأسمنت بنسبة ٣ : ١ بالوزن مع اضافة ماء حوالى ١٠ % من وزن الرمل والأسمنت لعمل ٦ مكعبات من مونة الرمل والأسمنت بحيث يكون طول ضلع المكعب ٧٫٠٦ سم .

(مساحة وجه المكعب = ٥٠ سم٢) ويشترط فى الرمل المستخدم أن يمر جميعه من منخل ٠٫٨٥ مم ولا يزيد المار منه من المنخل القياسى ٠٫٦ مم على ١٠ % بالوزن وأن يكون نظيف وجاف وألا تقل فيه نسبة السليكا عن ٩٠ % وتحضر المكعبات كل على حدة والكميات اللازمة لعمل

مكعب واحد كالاتـــــــــي :

وزن الاسمنت = ١٨٥ جم

وزن الرمـــل = ٥٥٥ جم

حجم المـاء = ٧٤ جم

٢ - تستعمل قوالب معدنية مقسنة ذات جدران سميكة تساعد على تشكيـــل مكعبات منتظمة الشكل وحيث يسمح بالضغط عليها وألا تسمح بتسرب مـــاء وأسمنت منها أثناء الصب ويتم ذلك بتغطية وصلات قالب الاختبار وأحـــرف اتصال الجوانب بالقاعدة بطبقة من جيلاتينية البترول كما تدهن القوالـــب من الداخل بطبقة رقيقة من الزيت لتسهيل فك القوالب .

٣ - يخلط جيدا الاسمنت مع الرمل اللازم لعمل مكعب واحد لمدة دقيقـــة على لوح غير مسامي بالمسطرين ثم يضاف الماء وتخلط المونة جيدا بالمسطرين لمدة ٤ دقائق (درجة حرارة الغرفة ١٨ - ٢٤ °م) ويجب أن تكـــون أجهزة الخلط نظيفـــة .

٤ - يوضع القالب فوق هزاز ميكانيكي ويثبت تثبيتا جيدا ومحكما ثم يملأ بمونـــة الاسمنت ثم يهز القالب بواسطة الهزاز الميكانيكي لمدة دقيقتين .

(سرعة مكينة الاهتزاز ١٢٠٠٠ ± ٤٠٠ هزة / الدقيقة) .

٥ - يرفع القالب من مكينة الاهتزاز ويوضع في جو درجة حرارته لا تقل عـــن ٢٠ °م ورطوبته النسبية ٩٠ ٪ على الأقل لمدة ٢٤ ساعـــة .

٦ - تحضر القوالب الستة بنفس الطريقة السابقة ثم ترفع المكعبات من القوالب بعد ٢٤ ساعة ثم تغمر فى الماء حتى يحين ميعاد الاختبار ويراعى أن يكون ماء المعالجة نظيفا وطازجا ويجدد كل ٧ أيام •

٧ - يختبر ٣ مكعبات فى ماكينة اختبار الضغط بعد ٣ أيام ، ٣ مكعبات بعد ٧ أيام لتحديد مقاومة الضغط بعد ٣ أيام ، ٧ أيام على أن تحسب المدة من نهاية هز القوالب •

٨ - يوضع المكعب على أحد جوانبه بين فكى مكنة الاختبار على ألا يستعمل السطح غير الملامس لأوجه القالب كما لا يوضع أى شىء بين سطحى مكنة الاختبار خلاف ألواح من الصلب الصلد •

ويجب أن يرتكز احد سطحى مكنة الاختبار على مرتكز كروى لضبط عملية التحميل تلقائيا ويكون معدل التحميل ٣٥٠كجم / سم٢ فى الدقيقة •

النتائج :

اجهاد الضغط = $\frac{\text{حمل التهشيم (متوسط ٣ مكعبات)}}{\text{المساحة المعرضة لهذا الحمل (٥٠ سم٢)}}$ كجم /سم٢

المناقشة : Discussion

١ - ما هى أهمية اجراء اختبار الضغط لمونة الأسمنت ؟

٢ - لماذا تستخدم فى هذا الاختبار مونة الأسمنت والرمل بدلا من عجينة

الاسمنت الخالـــــص ؟

٣ ــ لماذا يستخدم رمل قياسى فى هذا الاختبار ؟ وما هى مواصفات هذا الرمل

٤ ــ ما هى كمية الماء القياسية اللازمة لعمل مونة الأسمنت والرمـــل ؟

٥ ــ اشرح كيفية تحضيرمكعبات مونة الأسمنت والرمل لاجراء اختبار الضغط عليهـا ولماذا يصير كبسها بالاهتزاز الميكانيكى لمدة محددة قياسية (دقيقتــان) ولماذا يصير معالجة تلك المكعبات بوضعها فى حجرة ذات حرارة ورطوبـــة معينة قياسية لمدة ٢٤ ساعة ثم غمرها فى الماء لغاية يوم الاختبـــار ؟

٦ ــ اشرح كيفية اجراء اختبار الضغط على مكعبات مونة الأسمنت والرمل وما هـــى الاحتياطات الواجب مراعاتها أثناء الاختبار ؟

٧ ــ أذكر نتائج الاختبارات المعملية التى حصلت عليها لاختبارى ٣ أيام و ٧ أيـام للضغط وبين لماذا يجرى اختبار الضغط على فترتين المرة الأولى بعد ٣ أيـام من تاريخ صب المكعبات والمرة الثانية بعد ٧ أيام من هذا التاريـــــخ ؟

٨ ــ أرسم تخطيطيا الأجهزة والمكنات المستخدمة لاجراء هذا الاختبار .

٩ ــ ما هى الاشتراطات الواجب توافرها فى نتائج اختبارات الضغط حتى يعتبر ــ الأسمنت المختبر مقـــبولا ؟

١٠ ــ ما هى حدود قوة تحمل مونة الأسمنت البورتلاندى العادى للضغط بعد ٣ أيام و ٧ أيام التى تنص عليها المــواصفات القياسية ؟ وما هى هذه الحدود لكـل

من الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد والاسمنت الألومينى والأسمنت الأبيض والأسمنت الحديدى والأسمنت ذو الحرارة المنخفضة ؟

١١ ـ ما هى العوامل التى تؤثر فى قيمة قوة تحمل مونة الأسمنت للضغط ؟

١٢ ـ ما هو عدد مكعبات اختبار مونة الأسمنت فى كل من أختبار ٣ أيام و ٧ أيام ولمـــاذا ؟

١٣ ـ ارسم تخطيطيا شكل مكعب اختبار مونة الأسمنت بعد انهياره نتيجة حمـــل الضغط • وبين لماذا يصير الانهيار بهذا الشـــكل ؟

* *

*

(٦) اختبار مقاومة الشد للأسمنت سريع التصلد بعد يوم واحد

Determination of tensile strength

of Rapid hardening cement.

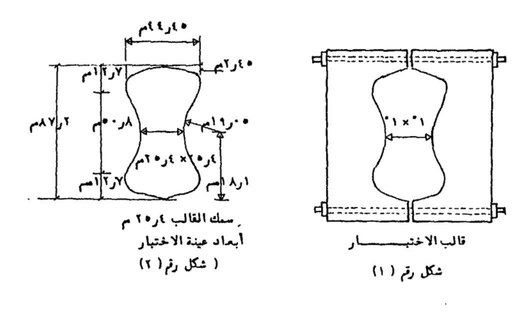
الغـــــرض من الاختبـــــار :

هذا الاختبار اختياري ولا تنص عليه المواصفات نظرا لأن قوة التحمل فـــــى الشد للأسمنت حوالى $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$ من مقاومة الضغط والغرض منه تعيين قـــــوة الشد للأسمنت سريع التصلد بعد يوم واحد من اختبار طوبيات من مونة الأسمنـــــت .

الأجهـــــزة المستعملـــــة :

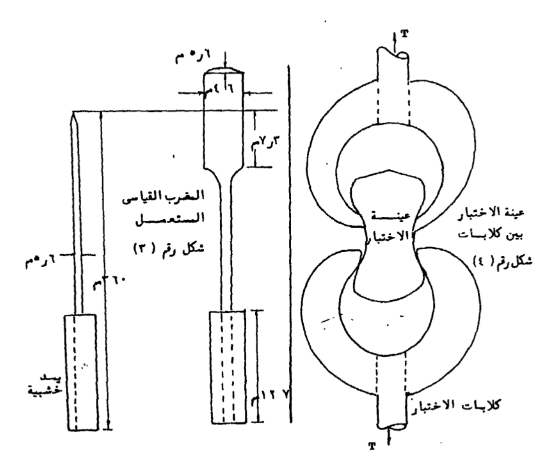
أ - قوالب الاختبار :

يكون القالب من معدن لا يتأثر بالأسمنت وأسطحه مصقولة وأجزاؤه ملتصقـــة تماما عند تجميعها ويكون شكله ومقاساته بحيث تعطى طوبية مونة الأسمنت المبينـــة أبعادها بالشكل رقم (٢) ويزود قالب الاختبار بقاعدة من لوح معدنى مستـــــوى السطح ومصقول تماما مع مراعاة أن تكون أبعاده بحيث تسمح بارتكاز قالب الاختبار عليه دون حدوث أى تسرب أثناء عملية ملء القالـــــب .



سمك القالب ٤ر٢٥ م
أبعاد عينة الاختبار
(شكل رقم (٢)

شكل رقم (١)



المضرب القياسى المستعمـــل
شكل رقم (٣)

عينة الاختبار بين كلابـــات
شكل رقم (٤)

ب - مضرب قياسي من الصلب بيد خشنة تكون مقاساته كالمقاسات المبينة بالشكل رقم (٣) بحيث لا يزيد وزنه الكلي على ٢٤٠ جم •

خطوات الاختبار :

١ - تحضر الكمية اللازمة لعمل ست طوبيات من مونة الأسمنت بنسبة جزء واحد بالوزن من الأسمنت الى ثلاثة اجزاء بالوزن من الرمل القياسي المبين بالاختبار رقم (٥) •

٢ - يعد قالب الاختبار بربط جزئية ووضعه مرتكزا على القاعدة وتغطية أوجهه الداخلية والقاعدة بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف •

٣ - يخلط الأسمنت مع الرمل الجاف بالمسطرين على سطح مستو غير مسامي لمدة دقيقة واحدة ثم يضاف الماء بنسبة ٨٪ من مجموع وزني الأسمنت والرمل الجاف وتخلط المونة خلطا جيدا لمدة أربع دقائق ويراعى أن تكون أجهزة الخلط نظيفة وأن تكون درجة حرارة الأسمنت والرمل والماء وحرارة الغرفة في حدود ١٨ - ٢٤ درجة مئوية •

٤ - توضع المونة بعد خلطها مباشرة في قوالب الاختبار وبعد ملء القالب توضع كومة صغيرة عليه من نفس المونة وتضرب بالمضرب الى أن يتساوى سطح المونة مع حافة القالب ثم يكرر وضع كومة صغيرة من المونة على الوجه الآخر وتضرب حتى يظهر الماء على السطح وبعد ذلك تسوى أسطح القوالب بسلاح المسطرين

ويراعى ألا يستعمل فى الضرب سوى السطح المسطح من المضـــروب ٠

٥ ـ تحفـظ القوالب فى جو لا تقل رطوبته النسبية عن ٩٠ ٪ ودرجـة حرارتـــه ٢٠ + ١ درجة مئوية لمدة ٢٤ + $\frac{١}{٢}$ ساعة محسوبة من نهايـــة الخلط ثم ترفع طوبيات الأسمنت من قوالب الاختبار لتختبر مباشرة وهـــى لا تزال رطبـــة ٠

٦ ـ يوضع كل قالب بين مقبضى مكنة الاختبار كما فى شكل رقم (٤) ويحمل بحمـل يزداد تدريجيا بانتظام بمعدل ٤٠ كجم فى كل ١٠ ثوان وذلك حتى الكسر٠

النتـــــائج :

تحسب مقاومة شد مونة الأسمنت والمعبر عنها باجهاد الشد كما يلـــى :

$$\text{اجهـــاد الشـــد} = \frac{\text{حمل الشد (متوسط ٦ طوبيات)}}{\text{المساحة المعرضة لهذا الحمـــل}} \text{ كجم / سم}^{٢}$$

المساحة المعرضة لحمل الشد = ١ × ١ = ١ بوصة مربعـــة ٠

المناقشـــــــة : Discussion

١ _ ماهى أهمية اجراء هذا الاختبار بالنسبة للأسمنت البورتلاندى سريع التصلـد ؟ ولماذا لا يجرى هذا الاختبار على الأسمنت البورتلاندى العـادى ؟

٢ _ ما هى نسبة الأسمنت الى الرمل وكمية المـاء المستعملة فى تحضير مونة الأسمنت.

٣ _ اشرح كيفية اجراء اختبار قوة تحمل الشد بعد ٢٤ ساعة لمونة الأسمنـــت البورتلاندى سريع التصلـــد .

٤ _ ارسم تخطيطيا قالب الاختبار والأجهزة المستخدمة فى تحضير عينة الاختبـــار وفى اجـراء الاختبـــار .

٥ _ أذكر نتائج الاختبارات العملية التى حصلت عليها وأحسب منها اجهاد الشـد للأسمنت المختـــبر .

* *

*

(٧) اختبار ثبات الحجم للأسمنت

Dertermination of soundness of cement

الغـــرض من الاختبـــــار :

هو معرفة مدى ثبات حجم الأسمنت أى قياس التمدد فى عجينة الأسمنت القياسية وذلك بتحديد الزيادة الحجمية بعد الشك والتصلب .

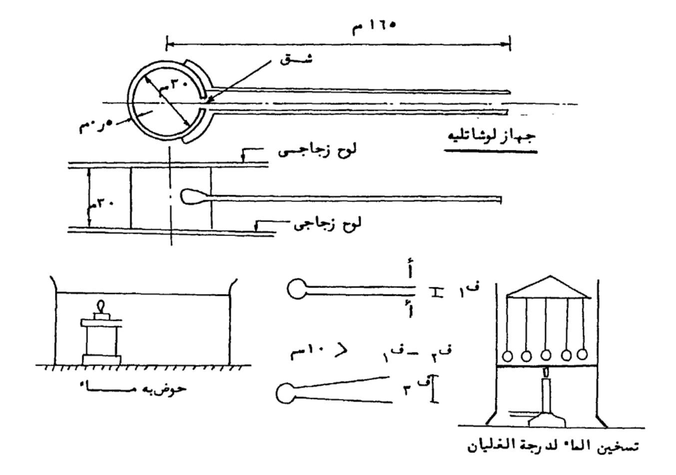
الأجهــزة المستعملة :

١ - جهاز لوشاتليه المبين بالرسم ويراعى أن يكون قالب الجهاز بحالة جيدة بحيث لا تزيد المسافة بين شقى فتحة القالب على ٥ر٠ مم .

٢ - حوض به ماء - الواح من الزجاج - أثقـال - موقـــد .

خطـــوات الاختبـــار :

١ - تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٦٠٠ جرام تقريبا (وهى الكمية اللازمة لعمل عجينة تملأ ٦ عينات من قوالب لوشاتليـــه وتضاف اليها كمية الماء اللازمة لجعلها عجينة ذات قوام قياسى وهى الكمية التى تحدد من الاختبار رقم (٣) .


١٦٥ م
شـق
٣٠ م
٥ر٠م
جهاز لوشاتليه
لوح زجاجـى
٣٠م
لوح زجاجى
أ
أ
ف١
ف٢ ـف١ < ١٠سم
ف٣
حوض به مـــاء
تسخين الماء لدرجة الغليان

والذى يجب أن يجرى قبل هذا الاختبـــار مباشرة وتحت نفس ظروف درجة الحـــرارة والرطوبة وتجرى علية الخلط جيدا بحيث تكون مدة الخلط ٤ ± ١/٤ دقيقـــة

٢ ــ يوضع قالب شاتلييه على لوح صغير من الزجاج ويملأ بعجينة الأسمنـــت ذات القوام القياسى السابق تجهيزها مع مراعاة حفظ شقى القالب منطبقـــين على بعضهما دون ضغط أثناء ملء القالب ثم يغطى القالب بلوح زجاجـــى آخر ويوضع فـــوقة ثقل صـــغير .

٣ ــ يغمر القالب بلوحيه مع الثقل بعد ذلك مباشرة فى ماء درجة حرارتـــه ٢٠٠ ± ١ درجة مئوية ويترك لمدة ٢٤ ساعة .

٤ ــ يرفع بعد ذلك القالب من الماء وتقاس المسافة (أ أ) بـــين طرفـــى مؤشرى القالب الموضحه بالشكل .

٥ ــ تغمر القوالب ثانية فى ماء درجة حرارته ٢١ درجة مئوية وترفع درجة حـــرارة الماء تدريجيا الى أن تصل الى درجة الغليان فى مدة تتراوح بـــــين ٢٥ ــ ٣٠ دقيقة وتترك القوالب فى الماء مع استمرار الغليان لمدة ساعـــة

٦ ــ ترفع القوالب من الماء وتترك لتبرد ثم تقاس المسافة (أ أ) بين طرفـــى مؤشـــرى القالب ثانيـــا .

٧ ــ يحسب الفرق بين قراءتى المسافة (أ أ) السابق ذكرها فى الخطوتـــين (٤) و (٦) فيكون ذلك الفرق معبرا عن تمدد الأسمنت وتنص المواصفـات

القياسية على ألا يزيد هذا الفرق عن ١٠ سم للأسمنت البورتلاندى العادى والأسمنت سريع التصلد ٠

المناقشة : Discussion

١ ـ ما هو المقصود بثبات حجم الأسمنت ؟

٢ ـ ما هو تأثير عدم ثبات حجم الأسمنت على الخرسانة ٠ ؟

٣ ـ اشرح كيفية اختبار ثبات الحجم للأسمنت باستخدام طريقة لوشاتلييه واذكر النتائج المعملية التى حصلت عليها ٠

٤ ـ ارسم تخطيطيا قالب لوشاتلييه المستخدم فى الاختبار وبين ابعاده القياسية ٠

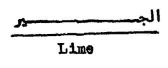
٥ ـ اشرح لماذا يجب تهوية عينة الأسمنت قبل اعادة اجراء اختبار لوشاتلييه لها عند عدم مطابقتها لاشتراطات ثبات الحجم فى الاختبار الأول ؟

٦ ـ ما هى الحدود التى تنص عليها المواصفات القياسية لقبول الأسمنت بالنسبة لاختبار ثبات الحجم بطريقة لوشاتلييه ؟

٧ ـ ما هى العوامل التى تؤدى الى عدم ثبات حجم الأسمنت ؟

* *

*



الجـــــــير
Lime

الجير هو المادة الناتجة من حرق الأحجار الجيرية الموجودة فى الطبيعة بعد تكسيرها بدرجة حرارة عملية التكليس تتراوح بين ٩٥٠°م – ١٠٥٠°م وهذه الدرجة أقل من درجة الحرارة التى يحدث عندها اتحـاد أكسيد الكالسيوم مـــع أكسيد السليكون . والمواد الخام المستعملة حجر جيرى وهو عبارة عـن كربونـــات كالسيوم فى صورة كالسيت (وهو الحجر الجيرى النقى) أو الرخام أو الطباشير أو – دولوميت (وهو مخلوط من كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم) وتحتوى هـــذه الخامات على شوائب من أكسيد السليكون وأكسيد الحديد وأكسيد الالمنيوم وبعـــض الطينات وهذه الشوائب لها أهمية لأنها تتحد مع أكسيد الكالسيوم معطية سليكـــات الكالسيوم وسليكات الألومنيوم وسليكات الحديد وعند تسخين كربونات الكالسيوم يتصاعـد ثانى أكسيد الكربون تاركا أكسيد الكالسيوم وهو الجـــير الحـى .

كا ك أ٣ ⟵(٩٠٠ – ١٠٥٠°م) كا أ + ك أ٢

١٠٠٪ = ٥٦٪ + ٤٤٪ جـزء بالـــوزن

أنـــــواع الجـــــير :

يمكن تقسيم الجير الى النوعين الاتـــــيين :

أ – جـير غير مائى : وهو الجير الذى لا يشك أو يتصلب تحت الماء ويلزم لتصلبه وجوده فى الهواء وهو الناتج من عملية تكليس كربونات الكالسيوم النقيـــــة .

٢ — جـــير مائـي : وهو الجير الذى يشك ويتصلب تحت الماء وهو الناتـج من عملية تكليس كربونات الكالسيوم مع مواد طينية (٨ — ١٠ ٪ طـــين)

ويمكن تقسيم الجير الغير مائى أو الجير المائى الى النوعين الآتيين :

أ — جـير حـى : Quicklime

وهو أكسيد ا لكالسيوم الناتج من تكليس الحجر الجيرى ويلزم عند استعمالــه ضرورة طفيه أى اضافة الماء اليه وتجرى عملية اطفاء الجير الحى فى موقع العمـــل •

ب — جـــير مطفـــأ : Hydrated lime

وهو الجير الحى الذى تم اطفاءه بإضافة الماء اللازم لذلك ويمكن أن تتـــم عملية الاطفاء أثنــاء الصناعـــة •

ويمكن تقسيم الجير الغير مائى سواء أكان جير حى أو جير مطفأ الـــــى :

أ — جير د ســم : ويحتوى على نسبة أكسيد كالسيوم لا تقل عـــن ٨٠ ٪ •

ب — جير غير د ســم : ويحتوى على نسبة أكسيد كالسيوم لا تقل عن ٢٠ ٪ •

صناعـة الجــــير :

تتلخص عملية صناعة الجير فى نقل وتحضير وتكسير الخامات ونخلها ثـــم تكليـس الحجـر الجيرى فى أفران خاصة فتسمى القمائن لطرد ثانى أكسيد الكربـــون ثم تبريد أكسيد الكالسيوم مع مراعاة عدم تعرضه للهواء الرطب مدة طويلة حتى لا يتحول

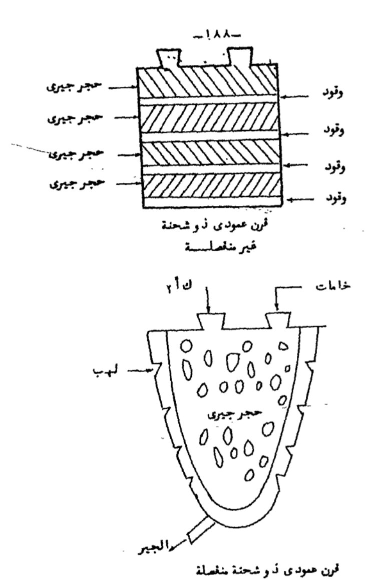
الى مسحوق عديم الفائدة نتيجة امتصاصه الماء وثانى أكسيد الكربون وتحوله الـــــى كربونات الكالسيوم • وفى عملية التكليس يقل حجم المواد الخام على عكس عملية الاطفـاء وتتم هذه العملية فى أحد الأفران (قـمائن) الاتيـــــــة :

١ — فرن عودى ذو شحنة غير منفصلـــــــة :

وهو عبارة عن حجرة مبنية من الطوب أو الحجر ومبطنه من الداخل بطـــــوب حرارى أو مصنوعة من الحديد ومبطنة بطوب حرارى ويوضع بها طبقات متتاليـــــة من الحجر الجيرى والوقود (طبقة الحجر الجيرى ٦ أمثال طبقة الوقود) وفـى هذه الطريقة يختلط رماد الوقود مع الجير الحى الناتج وعلى ذلك يكون الجـير غير نقـــــى •

٢ — فرن عودى ذو شحنة منفصلـــــــة :

وهو عبارة عن حجرة مبينة بنفس طريقة الفرن السابق ولكن الحجر الجـــــيرى لا يختلط مع الوقود ويتم الحريق بطريقة غير مباشرة فلا يتصل بالحجر الجـــــيرى الا الهواء والغازات الساخنـة فقط والتى تعطى الحجر الجيرى درجة الحرارة المطلوبة للتكليس والجير الناتج أكثر نقاوة وجودة من الجير الناتج من الفرن السابق وتخـرج الغازات من أعلى الفرن والجير من أسفله والوقود المستعمل هو الخشب أو الفحـم أو الكهرباء أو الغـاز الطبيعـــى •



٣ — الفـــــرن الـــــدوار :

هو عبارة عن اسطوانة معدنية تدور حول محور مائل وهى تشبه القرن الدوار المستعمل فى صناعة الأسمنت ويوضع به من أعلى الحجر الجيرى المكسر والمطحون ويمر الهواء الساخن من أعلى الى أسفل أيضا وعند دوران الفرن يدفع الحجـــر الجيرى من أعلى الاسطوانة الى أسفلها فيعمل الهواء الساخن على تجفيفه وتكلسه .

والافران قد تعطى أنتاج غير مستمر أو انتاج مستمر والافران المستعملة فـي الانتاج الكبير هى المستمرة أما الافران غير المستمرة فهى البدائية وغير اقتصاديـة وتستعمل للانتاج الصغير وفيها فقدان كبير للحرارة وللوقت وهى تحتاج لكمية وقود كبيرة لتشغيلهـا •

اطفـاء الجـير :

يجب قبل استخدام الجير الحى فى المونة أو أعمال بياض الحوائط اطفاء الجير الحى وذلك باضافة الماء اليه بكمية مناسبة فيتحول الى أيدروكسيد الكالسيـوم •

كا أ + يد ٢ أ ـــــ كا أ (يد أ)٢ + حـرارة

كمية الماء اللازمة لعملية الاطفاء هى عبارة عن ٣٢ر٠ من وزن الجير ولكن درجة الحرارة العالية الناتجة من اطفاء ١ جم من أكسيد الكالسيوم تتسبب فى تبخير ١/٢ جرام ماء وبذلك تكون كمية الماء الحقيقية اللازمة لعملية الاطفاء عبارة عن ٣٢ر٠ + ٥ر٠ = ٨٢ر٠ من وزن الجير الحى • ولتفادى الحرارة العالية أو الحصول على عجينـة لدنة سهلة التشغيل يزاد ماء الطفى الى ١ ١/٢ — ٢ مرة وزن الجير الحى وعنـد اطفـاؤه يزداد حجم الجير الحى زيادة كبيرة تصل من ٢ — ٣ ١/٢ مرة الحجـم الأصلى • ويلاحظ أن مناولة الجير الحى بالأيدى غير مرغوبـة لضررها على الجلـد فهى تحرقه بخلاف مناولة الجير المطفأ فليس لها تأثـير ضار نسبيـا •

تصلـــــب الجـــــير :

أن الجير المطفأ له قابلية كبيرة لامتصاص ثانى أكسيد الكربون من الجو حســب المعادلــة الاتيــة والتحول الى كربونات الكالسيوم بعد تبخــر المـــاء •

كا (يد أ)$_{٢}$ + ك أ$_{٢}$ ⟵ كا ك أ$_{٢}$ + يد$_{٢}$ أ

ويتم الصلابة الكاملة لمونة الجير عندما يحل ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجـــو محل الماء الموجود فى أيدروكسيد الكالسيوم ويتم ذلك ببطء ومونة الجير ضعيفة نسبيـــا بالنسبة لمونــة الاســمنت •

الجـــير المطفـــأ فى المصنـــع :

ويمكن اطفاء الجير فى المصنع وذلك بأضافة كمية الماء اللازمة فقط للتفاعـــل الكيميائى بدون زيادة ثم ينخـل ويعبأ فى شكاير مقاومة لنفاذ الرطوبة ويخزن لمدة مناسبة واستخدام الجير المطفأ يكون باضـافة الماء له مباشرة لتكوين عجينة الجير أو لاستعماله فـى المونة مع الرمـــل •

مقارنة بين مـزايا وعيوب الجير الحى والجير المطفأ فى المصنـــع :

١ ـ للجير المطفأ فى المصنع ميزة سهولة المناولة وسهولة الاستعمال وسهولة الخلـــط مع الرمل لعمل المونـــة •

٢ ـ يمكن تخزين الجير المطفأ لمـدد مناســبة •

٣ - الجير المطفأ يعطى مونة غير لدنة نسبيا لها قدرة قليلة لحمل الرمل بالنسبة لمونة الجير الحى .

٤ - من عيوب الجير الحى متاعب طفيه فى موقع العمل وتحلله السريع عند تخزينه ونقله .

الجير المائى : Hydraulic lime

يصنع الجير المائى بحرق المواد الجيرية والتى تحتوى على مواد طينية من ٨ - ١٠ ٪ لدرجة حرارة عالية نوعا ما عن الجير الحى تصل الى ١١٥٠ °م وعند هذه الحرارة يتحد أكسيد السليكون وأكسيد الالومنيوم وأكسيد الحديد الموجود فى الخامات كشوائب مع بعضها مكونة سليكات والومنات الكالسيوم . وهذا الجير الذى يحتوى على سليكات والومنات الكالسيوم له خاصية التصلب تحت الماء ويسمى بالجير المائى .

وبعد الحريق فأن الجير المائى يتكون من مخلوط من أكسيد كالسيوم حر ومركبات الجير (سليكات كالسيوم مع أكسيد الألمنيوم وأكسيد السليكون) والجير المائى الناتج له خاصية الشك والتصلب ولكنه أبطأ من الجير الحى فى شكه وتصلبه . وعند حرق المواد الخام لهذه الدرجة من الحرارة وهى درجة حرق الجير العادى يتكون كلنكر وعند اضافة الماء الى الجير المائى فان اكسيد الكالسيوم أو الجير الحى الموجود يتحول الى جير مطفأ ويتفتت الكلنكر ولا يحتاج الى عملية الطحن التى يحتاج اليها كلنكر الأسمنت وتتم عملية اطفاء الجير المائى بوضع الناتج من الفرن على شكل طبقات رقيقة ثم رشها بالماء ثم تعمل على شكل

أكوام وتترك حوالى ١٠ أيام حتى يتم أطفاءها ويتحول الناتج الى مسحوق ناعم والجير المائى يتصلب ببطأ فى الهواء ويمكن استعماله تحت المـــاء .

استعمالات الجـــــــير :

يستخدم الجير فى الأعمال الانشائية غالبا كمونة لوضع الطوب والحجارة فـــوق بعضها فى صفوف مترابطة وفى بياض الحوائط ، وفى صناعة الطوب الرملى وصناعة الحديد وصناعة الورق وبعض الصناعات الكيميائية وفى الزراعة لمعالجة بعض عيوب التربـــة .

وتعمل مونة من الرمل والجير بنسبة ٢ ــــ $\frac{١}{٢}$ ٢ : ١ بالحجم على التربة حتى تكون المونة سهلة التشغيل وذات مقاومة كافية لتحمـــــل ثقـــــل الطـــــوب .

وأعمال البياض تتطلب طبقة بطانة أولى تحتوى على ١ جير : ٣ رمل وطبقـــة تغطية ١ جير : ٣ رمل وطبقة نهائية سطحية رقيقة من محـــلول عجينة الجير فقـــط .

وقد تعمل الطبقة النهائية من محلول خليط من الجير المطفأ والجـــــس .

ويجرى على الجير اختبارات ميكانيكية لتحديد الاتـــــــى :

١ ــ النعومـــــــــــة .

٢ ــ المتخلف بعد الاطفـــاء .

٣ ــ الناتــــج الحجمــــــى .

٤ ــ القابلية للتشغيـــــــل .

٥ ــ التمـــــــــدد .

كما يجرى على الجير ايضا اختبارات كيميائية لتحديد الآتـــــى :

١ ـ الفـاقد بالحـــــرق .   ٢ ـ المواد الغير قابلة للذوبان

٣ ـ ثانى أكسيد السيليكــون

٤ ـ أكسيد الحديديك وأكسيد الالومنيـــوم .

٥ ـ تقدير أكسيد الحديديك .

٦ ـ أكسيد الكالسيوم .

٧ ـ أكسيد الماغنســـيوم .

وسيكتفى بشـــرح الاختبارات الميكـانيكيـة للجـــير .

* *

*

طرق اختبارات الأجيار م٠ ق ٠ م ١٩٦٥/٥٩٧

Methods of testing building limes

طـــرق أخذ العينـــــــات :

أ ـ الجـــــير الحـــــى : Quick lime

يؤخذ من عدة مواقع مختلفة كمية تزن حوالى ١٥٠ كجم بحيث تكون ممثلـــة فى مجموعها للتوريد وتخلط هذه المقادير خلطا جيدا فى مكان صلب نظيف جـــاف ثم تجرش العينة لتمر من منخل مقاس فتحتـــه ٢٥ مـــم ويعاد خلطها وتجرى لهـــا عملية التجزىء الربعـــى حتى يتم الحصول منها على عينة اختبار تزن حوالـــــى ٢٥ كجـــم ٠

ب ـ الجـــــير المطـــفأ : Hydrated lime

تؤخذ من عدة مواقع مختلفة كمية تزن حوالى ٥٠ كجم بحيث تكون ممثلة فى مجموعها للتوريد وتخلط هذه المقادير خلطا جيدا فى مكان صلب نظيف جاف ثم تجرى عليهـــا عملية التجـــزىء الربعى بحيث يتم الحصول منها على عينة اختبار تزن حوالى ٥ كجـــم

جـ — الجـــــير الهيــــدروليكـى :

توُخذ من عدة عبوات مختلفة كمية تزن حوالى ٥٠ كجم بحيث تكون ممثلـة في مجموعها للجـير وتخلط المقادير خلطا جيدا في مكان صلب نظيف جاف ثـم تجـرى عليها عملية التجـزىء الربعى بحيث يتم الحصول منها على عينـــة اختبـار تزن حـوالى ٥ كجـم ٠

ويكون تحضير العينة أو العينات النهائية للأجبار بأنواعـها المختلفــة بأقصى سـرعـة ممكنة بحيث لا تتجاوز العملية سـاعتين لكى لا يتلف الجـير ٠

تعبـأ العينـات بعد ذلك فى وعـاء محكم القفـل جاف لا تنفذ اليـه الرطوبة والهـواء ويغلق الوعـاء جيدا لحـين اجـراء الاختبـار ٠

(١) اختبـار النعومـة للجـــير

Finness of lime

تتلخص هذه الطريقة فى نخل مقدار معلوم من الجير المطفأ بتمريـــره خـــلال منخلـين مقاس فتحتيهما ٢١١ ر٠ مم ، ٠٨٩ ر٠ مم على التوالى وتقديـر وزن المحتجـز على المنخلين ٠

الأجهـزة المستعملـة :

١ ــ فرن تجفيف يمكن استعماله حتى درجة حرارة ١٥٠ °م ٠

٢ ــ مـيزان حســاس

٣ ــ منخلان مقاس فتحة الأول ٢١١ ر٠ مم ومقاس فتحة الثانى ٠٨٩ ر٠ مـم ٠

خطـــوات الاختبـــار :

١ ــ يوزن ١٠٠ جم من الجير المطفأ وتنخل بمنخل مقاس فتحته ٢١١ ر٠ مـم والذى يكون مركبا على منخل مقاس فتحتـه ٠٨٩ ر٠ مـم ٠

٢ ــ تغسل العينة بمقدار متوسط من الماء باستعمال أنبوبة من المطاط متصلـة بالصنبور ويراعى ألا تستغرق عملية الغسل بالماء هذه أكثر من ٣٠ دقيقـة كما يراعى عدم دعك المتخلفات على كل من المنخلـين ٠

٣ ـ يجفف ما يتبقى فى فرن التجفيف عند ١٠٠ °م (± ٥ °م) وحتى يثبت الوزن ويبرد فى مجفف ثم يوزن .

النتائج :

النسبة المئوية للمحتجز على المنخل الذى مقاس فتحته نحو ٢١١ر٠ مم = $\frac{أ}{و} \times 100$.

النسبة المئوية للمحتجز على المنخل الذى مقاس فتحته ٠٨٩ر٠ مم = $\frac{ب}{و} \times 100$.

حيث :

و = وزن العينة .

أ = مقدار المحتجز على المنخل الذى مقاس فتحته ٢١١ر٠ مم

ب = مقدار المحتجز على المنخل الذى مقاس فتحته ٠٨٩ر٠ مم

* *

*

(٢) اختبار المتخلف من الجير بعد الاطفاء

Determination of left lime after slaking.

تتلخص هذه الطريقة فى اطفاء مقدار معلوم من الجير الحى ونخله بعد مضى ٢٤ ساعة خلال منخلين مقاس فتحتيهما ٨٥٣ر٠ مم ، ٢٩٥ر٠ مم على التوالى وتقدير المتخلف على كل منهما ٠

الاجهزة المستعملة :

١ - فرن تجفيف يمكن استعماله حتى درجة حرارة ١٥٠ °م ٠

٢ - ميزان حساس ٠

٣ - أوعية أسطوانية من المعدن قطر كل منها حوالى ٤٥ سم وارتفاع كل منها حوالى ٥٠ سم ٠

٤ - منخلان مقاس فتحة الأول منهما ٨٥٣ر٠ مم ومقاس فتحة الثانى ٢٩٥ر٠ مم ٠

٥ - مقياس للحرارة (ترمومتر) يمكن القياس به حتى ١٥٠ °م ٠

خطوات الاختبار :

١ - يؤخذ مقداران وزن كل منهما ٥ر٢ كجم من الجير الحى الذى تم تكسيره ويوضع كل منهما فى وعاء معدنى اسطوانى نظيف وتضاف كمية مناسبة من الماء

تتراوح ما بين ٤ أضعاف الى ٨ اضعاف وزن الجير وتضبط درجة حرارة الماء فـــى أحدهما عند ٥٠°م وفى الآخـر عند ١٠٠°م (± ٢°م) لمدة ساعة باضافـــة ماء بـارد أو سـاخن ويترك الجير لمدة ٢٤ ساعة ليبرد حتى حرارة الغرفـــــــة ويراعى تقليبه بمقلب خشبى عـدة مرات خلال هذه المدة ٠

٢ ـ تصفى محتويات الوعائين السائل والراسب بعد تقليبهما بالمقلب الخشبى خلال منخلين قياسيين مقاس فتحتيهما ٨٥٣ر٠ مم ، ٢٩٥ر٠ مم على التـــوالـــى وتستقبل المواد المارة من المنخلين فى وعاء مشابه لوعاء الاطفاء يكون مجهزا بقطعــة من القماش مستطيلة الشكل أبعادها ١٢٠ × ١٨٠ سم ويكون القماش دقيق المســـام أزيلت منـه مواد التجهيـز بالغســـل ٠

٣ ـ يشطف أناء الاطفاء جيدا وينقل ماء الشطف الى المنخلين ويشطف المنخـــلان ومحتوياتهما بتيار متوسط من ماء الصنبور باستعمال أنبوبة من المطاط ويراعـــى ألا تستغرق عملية التصفية هذه أكثر من ٣٠ دقيقة كما يراعى تمرير جميع محتويـات وعاء الاطفاء خلال المنخلـين ٠

٤ ـ تجفف محتويات المنخلين فى فرن التجفيف عند ١٠٠°م ± ٥°م وحـــتى يثبت الوزن ثم تبرد فى مجفف وتوزن ٠

٥ ـ تضم أطراف قطعة القماش ومحتوياتها لتصبح على هيئة كيس حيث يصفى منـــه الماء بالضغط المتوسط ويحفظ بالعجينة لاجراء اختبار تقدير الناتــــــج الحجمـــى للجـــير ٠

النتـــــائج :

النسبة المئوية للمتخلف من الجير على المنخل الذى مقاس فتحتـــــــه ٨٥٣ر٠ مم = $\frac{أ}{و}$ x ١٠٠

النسبة المئوية للمتخلف من الجير على المنخل الذى مقاس فتحتـــــــه ٢٩٥ر٠ = $\frac{ب}{و}$ x ١٠٠

حيـــــث :

و = وزن الجـــــير الحـــى

أ = وزن المتخلف على المنخل الذى مقاس فتحته ٨٥٣ر٠ مم

ب = وزن المتخلف على المنخل الذى مقاس فتحته ٢٩٥ر٠ مم ٠

* *

*

(٣) اختبار تقدير الناتج الحجمى للجير

Determination of Volume
yield of lime.

تتلخص هذه الطريقة فى عمل عجينة من الجير وقياس قوامها باستخدام جهاز قياس اللزوجة حتى يتم الحصول على هبوط قدره ٢٥ر١ سم وتقدير الكثافة بتعيين وزن حجم معين من العجينة ثم يحسب الناتج الحجمى للجير ٠

الأجهزة المستعملة :

١ - أناء اسطوانى خاص كما فى الشكل (٢) أو مخبار مدرج ٠

٢ - ميزان حساس ٠

٣ - خلاط

٤ - مسطرين ٠

٥ - قنطرة معدنية ٠

٦ - جهاز قياس اللزوجة (جهاز سوزارد أو ما يماثله) المبين فى الشكل (١) ٠

ويتكون جهاز سوزارد من اسطوانة معدنية تكون فى وضع رأسى قطرها الداخلى ٥١ مم وبالاسطوانة مكبس معدنى ينزلق داخلها باحكام وطول مشوار هذا المكبس ٥ر٦٣ مم ٠ وبالامكان رفع المكبس المحمل على الطرف الأسفل المقفول

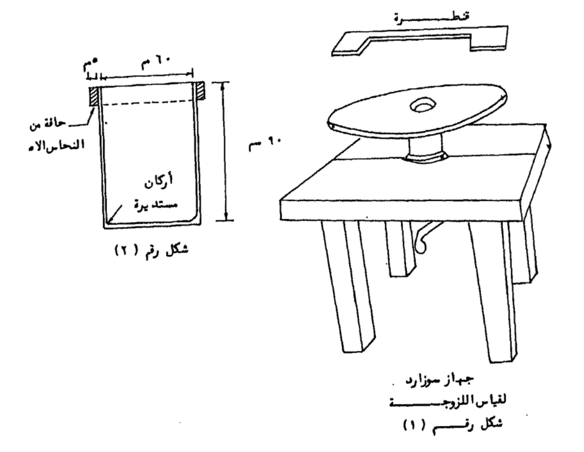
من الاسطوانة دون تحريكه حركة دائرية وذلك بواسطة قلاووظ له اربعة أسنـــان سميكة فى كل ٢٥ مم هذا ويمر القلاووظ خلال فتحة مقلوظة فى نهاية الطـــرف الأسفل للاسطوانة ويحاط الطرف العلوى للاسطوانة المعدنية بقرص مستوى السطح ليسهل استخدام القنطـــرة المعدنية الخاصة للقيـــاس .

ويرعى غسل جهاز قياس اللزوجة غسلا جيدا قبل الاستعمال ويمكن فى حالة عدم وجود خلاط استخدام مقرمة منزلية فى تضريب العجينة وذلك بتمريرها فى المقرمة مرتيـــن على الأقل قبل اجراء الاختبـــار .

خطـــوات الاختبـــار :

١ - يضبط قوام عجينة الجير المحتفظ بها فى الكيس (من اختبار تقدير التخلف بعد الاطفـاء) الى القوام القياسى الذى يتم الحصول عنده علـــى هبوط مقداره ١ر٢٥ سم وتكون عملية ضبط قـوام العجينة أما باضافة الماء اليها أو سحبه منها (بوضعها فوق سطح ماص) وتضريبها وخلطهـــا لتصبح قابلة لاجراء الاختبار وتعاد هذه المحاولة حتى يتم الحصول علـــى الهبوط القياسى المطلـــوب .

٢ - يخفض المكبس الى نهاية مشواره السفلى وتملاء الاسطوانة بالعجينـــة ذات القـوام القياسى بكل عناية ويراعى تجنب وجود اية فقـاعات هوائيـة بضرب العجينة برفق من أعلى ثم يرفع المكبس رفعا منتظما وذلك بتد ويـــر



شكل رقم (٢)

جهاز سوزارد .
لقياس اللزوجـــــــة
شكل رقـــــم (١)

القـلاووظ بمعدل دورة واحدة فى الثانية لمدة ١٠ ثوان وحتى تبرز العجينـــة كلها عندئذ رأسيا الى أعلى على شكل اسطوانى ويقاس ارتفاع العجينة بواسطـة قنطرة معدنية ارتفاعها حوالى ٥ سم وهكذا يمكن تقدير مقدار الهبوط وهــــو الفرق بين ارتفاع العجينـــة بعد بروزها الى أعلى وبين طول مشـــوار الكبــس •

٣ — تقدر كثافة عجينة الجير التى ضبط قوامها (عندما يتم الحصول على هبـــوط مقداره ٢٥ر١ سم) وذلك بتعيين وزن حجم معين من هذه العجينـــة باستخدام الاناء الاسطوانى الموضح بالشكل رقم (٢) أو مخبار مـــدرج مناسب • مع مراعاة تجنب وجود اية فقاعات هوائية فى العجينة ويلاحـظ تقدير كثافة عجينة الجير مرتين ويؤخذ الرقم الأكبر فى الاعتبار وتهمــل العجينة الأخرى هذا وجدير بالذكر أن العجينة التى تعطى الرقـــم الأكبر تستعمل ارقامها الخاصة بالتخلف بعد الاطفاء والناتج الحجمى والقابلية للتشغيـــل •

النتــــــائج :

الناتـــج الحجمـــى = $\frac{٧ر٠}{ث - ١}$ ملليمتر / جم

حيــــث ث = كثافة عجينـــة الجـــير •

* * *

(٤) اختبار القابلية للتشغيل للجير

Determination of workability of lime

تتلخص هذه الطريقة فى تجهيز عجينة من الجير وضبط قوامها وتحديد عدد الصدمات التى يصبح عندها قطر العجينة ١٩ سم ٠

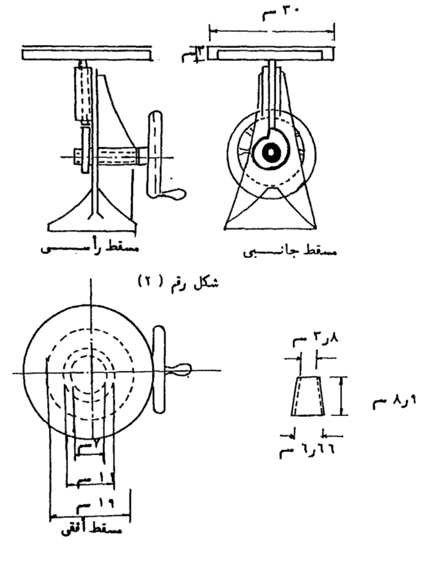
الأجهزة المستخدمة :

١ - مفرمة ٠

٢ - قالب مخروطى كما بالشكل رقم (١)

٣ - جهاز القابلية للتشغيل كما بالشكل رقم (٢) ٠

ويتكون هذا الجهاز من قرص معدنى مصنوع من صلب مصقول أملس السطح وقطره ٣٠ سم وسمكه ٣ مم وتوجد محفورة على سطحه ثلاث دوائر أقطارها ٧ ، ١١ ، ١٩ سم تملاء بالشمع ٠ لتسويتها بسطح القرص أفقيا على عامود رأسى يرتفع ويهبط فى مسافة مقدارها ١٫٢٧ سم بواسطة حدبة ويوجد بأسفل حافة طرف القرص حلقة من الحديد الزهر مقطعها ٦٫٥ سم ٢ وقطرها الخارجى مساو لقطر القرص ويبلغ وزن الاجزاء المتحركة من القرص حوالى ٧ كجم كما يبلغ الوزن الكلى للجهاز ٢٠ كجم ويراعى تثبيت الجهاز على قاعدة ثابتة من الطوب أو الخرسانة



شكل رقم (٢)

جهاز القابلية للتشغيل

وينظف القرص ويجفف قبل الاستعمال كما يشحم العامود المتحرك بزيت خفيف

خطوات الاختبار :

أ - تجهيز عجينة الجير الحى الدسم :

تجهز عجينة من الجير كما هو مبين بطريقة المتخلف بعد الاطفاء وضبط قوام العجينة كما هو مبين بطريقة اختبار الناتج الحجمى •

ب - تجهيز عجينة الجير المطفأ الدسم :

يخلط حوالى ٥٠٠ جرام من الجير المطفأ مع كمية مساوية من الماء درجة حرارته بين ٢٠ ، ٢٥ °م ، ويترك لمدة ٢٤ ساعة يتم بعدها خلط العجينة وذلك بتضريبها تضريبا جيدا لتصبح لدنة باستعمال مفرمة منزلية عادية تمرر فيها العجينة مرتين •

٢ - توضع العجينة فى قالب معدنى مخروطى الشكل يبلغ أرتفاعه ٥ ر٨ سم ويبلغ قطر طرفه الضيق ٨ ر٣ سم من الداخل وقطر طرفه الواسع ٦٦ر٦ سم من الداخل وسطحه الداخلى أملس ثم تسوى العجينة ويراعى تجنب وجود أية فقاعات هوائية •

٣ - يوضع القالب فى مركز القرص وتنزع العجينة من القالب لتستقر على

مركز القرص مع مراعاة ألا يخلق أى جزء من العجينة والا فتعـاد العملية بدار الجهاز للحصول على عجينة قطرها ١١ سم بعد صدمة واحدة فاذا كان قطر العجينة يقـل عن ١١ سم وكـانت العجينة جافة فيضاف مزيد من الماء أما اذا كانت العجينة رطبـة فيجب عند ئذ تقليل نسبة الماء بوضع العجينة لمدة قصيرة فوق سطح ماص ثم يعـاد ضبط العجينة للحصول على قطر مقداره ١١ سم بعد صدمة واحدة .

٤ ـ بعد التأكد من ضبط القوام القياسى للعجينة بدار جهاز الاختبار بمعـدل صدمة واحدة كل ثانية ويحدد عدد الصدمات التى يصبح بعدها قطـر العجينة ١٩ سم ، ويتم ذلك بقياس ثلاثة أقطار من مواقع مختلفة بين كـل موقع وآخر زاوية مقدارها ٦٠° تقريبا ويراعى أن تكون د رجة حرارة الجهـاز والمادة المختبرة والجو المحيط بين ٢٠ ـ ٢٥ °م .

<u>النتـــــائج :</u>

القابلية للتشغيل = عدد الصدمات التى يصبح بعدها قطـر العجينـة ١٩ سم .

* *

*

(٥) اختبـــار تمدد الجـــير

Determination of Expansion of lime

تتلخص هذه الطريقة فى تحضير مونة من الاسمنت والجير والرمل وقياس تمددها ثم يحسب تـمدد الجير بخصم تـمدد الاسمنت المقـدر بطريقة لوشاتلييه من تمـــدد المونـــة .

خطـــوات الاختبـــار :

١ ـ تحضر المونة بخلط المواد التالية بنسبة ١ : ٣ : ١٢ على التـــوالى

أ ـ الاسمنت البورتلاندى العادى الذى لا يزيد مقدار التمدد فيـــه على ٤ مم .

ب ـ الجـــير المطفـــأ المختـــبر .

جـ ـ الرمل ويستعمل فى هذا الاختبار رملا كوارتزيا نقيا مغســـولا ومجفف ويمر هذا الرمل من منخل قياسى فتحته ٨٥٣ر٠ مم ويحجز على منخـــل مقاس فتحته ٥٥٩ر٠ مم . ولا يزيد مقدار الفقد من وزن الرمل علـــى ٥ر٠ ٪ عند معالجته بحمض أيدروكلوريك الساخن (١٦ ر ١) بالطريقة التاليـــــة :

يوزن جرامان من الرمل المجفف لمدة ساعة عند درجـة حـــــرارة ١٠٠ °م ± ١٠ °م فى جفنة من الصينى ويضاف اليها ٢٠ مل من حـــــــض

الهيدروكلوريك (١٦ر١) ، ٢٠ مل من الماء ويسخن فوق حمام مائى لمدة ساعة ويرشح المتبقى ويغسل بالماء الساخن ثم تجفف ورقة الترشيح بما عليها من الرمل وتحرق باحتراس فى بوتقة من البلاتين حتى يثبت الوزن • وتحسب النسبة المئوية للفاقد بالوزن بتأثير حمض الهيدروكلوريك كما يلى :

$$\text{النسبة المئوية للفقد فى الوزن} = \frac{أ - ب}{أ} \times ١٠٠$$

حيث : أ = وزن الرمل بالجرام قبل المعالجة بالحمض

ب = وزن الرمل بالجرام بعد المعالجة

٢ ـ يضاف الماء بنسبة ١٢ ٪ من وزن الخليط الجاف ثم يخلط جيدا وتملأ من الخليط ثلاث قوالب لوشاتلييه ويوضع كل قالب من الخليط منها على لوح زجاجى ويراعى عند ملء هذه القوالب بالمونة أن تكون حافتا كل منهما مفتوحتين بدرجة صغيرة يمكن معها رؤية الحافتين كما يراعى تجنب وجود فقاعات هوائية أثناء الملء •

٣ ـ تغطى القوالب بلوح زجاجى محمل بثقل صغير وتترك القوالب ساكنة لمدة ساعة ثم تقاس المسافة بين مؤشرى الجهاز وتنقل بعد ذلك الى حجرة رطبة الهواء لدرجة التشبع حيث تبقى فيها ٤٨ ساعة ثم تؤخذ القوالب وهى مغطاة وتعرض لتأثير بخار ماء مستمر تحت الضغط الجوى العادى لمدة ثلاثة ساعات وتؤخذ بعدها وتترك وتقاس المسافة بين مؤشرى الجهاز للمرة الثانية •

ويجب ألا تكون الزيادة بين القراءتين أكثر من ١٠ مم وذلك بعد خصم ١ مم من مقدار تمدد المونة والزيادة الناتجة بعد الخصم هى مقدار الجير • ويلاحظ أن خصم تمدد الأسمنت (١ مم) مقدرا على أساس أن تمدد الأسمنت البورتلاندى المقدر بطريقة لوشاتلييه لا يزيد على ٤ مم •

ملخص اشتراطات المواصفات القياسية م٠ق٠م ١٩٦٥/٥٨٤
للجـــير الحـى والجـير المطفـــأ

الخـــواص	الجـــير الحـــى		الجـــير المطفـــأ	
	جير حى دسم	جير حى غير دسم	جير مطفأ دسم	جير مطفأ غير دسم
١ ـ التعريـــــف	هو المادة الناتجة من حرق الأحجار الجيرية عند درجات حرارة مناسبة (٩٥٠ ـ ١٠٥٠ °م) اذ يصبح بعدها قابلا للتفكك تماما بعد اطفائه بالمـــاء ٠		هو المادة الناتجة من معالجة الجير الحـــى باطفائه قبل الاستعمال بمدة كافية لتبريـــده ليصبح على هيئة مسحوق جاف أبيض اللـــون خـال من الكتل المتماســكة ٠	
٢ ـ الاستعمـــال	أعمال البياض للبطانـــة والضهـــارة وفى مون البناء	اعمال البياض للبطانـــة فقط وفى مون البنـــاء	أعمال البياض للبطانـــة والضهـــارة وفى مون البناء	أعمال البيـاض للبطانة فقط وفى مــــون البنـــــاء

تابع ملخص اشتراطات المواصفات القياسية م ق م ٥٨٤ / ١٩٦٥ للجير الحي والجير المطفأ

الخـــــواص	الجـــير الحـــى		الجـــير المطفـــأ	
	جير حي دسم	جير حي غير دسم	جير مطفأ دسم	جير مطفأ غير دسم
٣ ــ التكوين :				
أ ــ نسبة أكسيد الكالسيوم	لا تقل عن ٨٥ ٪	لا تقل عن ٧٠ ٪	لا تقل عن ٦٥ ٪	لا تقل عن ٥٢ ٪
ب ــ نسبة أكسيد الماغنسيوم	لا تزيد على ٣ ٪	لا تزيد على ٥ ٪	لا تزيد على ٥ر٢ ٪	لا تزيد على ٤ ٪
جـ ــ الفقد بالحرق	لا تزيد على ٥ ٪ كتل و ٧ ٪ (مسحوق)	لا تزيد على ٥ ٪ كتل و ٧ ٪ (مسحوق)		
د ــ نسبة ك أ٢	لا تزيد على ٧ ٪	لا تزيد على ٧ ٪	لا تزيد على ٥ ٪	لا تزيد على ٥ ٪
هـ ــ نسبة المواد غير القابلة للذوبان وأكسيدى الحديد والألومنيوم	لا تزيد على ٥ ٪	لا تزيد على ١٠ ٪	لا تزيد على ٤ ٪	لا تزيد على ٨ ٪

٤ ـ التخلف بعد الاطفاء	لايزيد على ٥٪ على منخل ٣ ٨٥ر مم ولا يزيد على ٣٪ على منخل ٢٩٥ر٠ مم	لايزيد على ٥٪ على منخل ٨٥٣ر مم ٠		
٥ ـ النعومـــــة			لايزيد على ٥٪ على منخل ٢١١ر٠ مم ولا يزيد على ١٠٪ على منخل ٨٩ر٠ مم ٠	لا يزيد على ٥٪ على منخل ٢١١ر٠ مم ولا يزيد على ١٠٪ على منخل ٨٩ر٠ مم ٠
٦ ـ الناتج الحجمى	لا يقل عن ٧ر١ سم٣ /جم بعد الاطفاء			
٧ ـ القابليـــــة	لا تقل عن ١٣ صدمة ليصبح قطرالمجينة ١٩ سم		لا تقل عن ١٠ صدمات ليصبح قطر المجينة ١٩ سم	
٨ ـ الثبـــــات			لا يزيد التمدد على ١٠ سم ٠	لا يزيد التمدد على ١٠ سم

الجبس

Gypsum

الجبس هو المادة المستعملة لبياض الحوائط ويحصل عليها بازالة ماء التبلور جزئيا أو كليا من خام الجبس الطبيعي بالتسخين لدرجة الحرارة المطلوبة والتي تعطي نوع الجبس المطلوب . وخام الجبس النقى يتكون من كبريتات الكالسيوم التي تحتوى على ٢ جزئ من الماء (كا كب أ٤ . ٢ يد٢ أ) وعندما يؤخذ الخام من المناجم يحتوى على شوائب أهمها الطين وكربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم والجبس الغير نقى المستخرج من باطن الأرض يسمى جبس أرضى (جبسيت) والجبس الناعم يسمى الألباستر والجبس المتبلور عديم اللون والشفاف يسمى سلنيت . وتتوقف طبيعة ونوع الجبس الناتج على نقاوة المادة الخام ودرجة حرارة التسخين والمواد المضافة بعد التكليس لتقليل أو اسراع زمن شك الجبس .

صناعة الجبس :

تتلخص صناعة الجبس في تكسير وطحن خام الجبس ناعما ثم تكليسه لدرجة حرارة تصل من ١٣٠ - ٢٠٠°م في أفران دوارة مثل أفران الأسمنت الدوارة وهي أفران مستمرة تعطي انتاج مستمر من الجبس في بعض الأحيان تستعمل أفران القدور وهي عبارة عن اناء معدني يسع حوالي ٢٢ طن ويسخن من أسفل .

أ ـ كا كب أ$_{٤}$. ٢ يد$_{٢}$ أ ← (١٣٥ ـ ٢٠٠° م) كا كب أ$_{٤}$ $\frac{١}{٢}$ يد$_{٢}$ أ + $\frac{٣}{٢}$ يد$_{٢}$ أ (طرد جزئي للمــاء)

ب ـ كا كب أ$_{٤}$. ٢ يد$_{٢}$ أ ← (أكثر من ٢٠٠° م) كا كب أ$_{٤}$ + ٢ يد$_{٢}$ أ (طرد كامل للمــــــاء)

وبعد التكليس يضاف لبعض أنواع الجبس أملاح غير عضوية تساعد على سرعة زمــن الشك مثل كبريتات وكلوريدات وكربونات الصوديوم والكالسيوم أو تضاف مواد لتأخير زمــن الشك مثل الغراء ونشــارة الخشب وحامض الـترتريك وحامض الســتريك .

أنـــــواع الجبـــــــــــس :

يمكن تقسيم الجبس الى النوعين الرئيسيين الاتيين على حسب درجة حــــرارة التكليـــــــس :

١ ـ جبس ناتــج بازالة مــاء تبلور خام الجبس جزئيـــا :

عند تسخين خام الجبس الصافى كا كب أ$_{٤}$. ٢ يد$_{٢}$ أ لدرجة حرارة حوالــى ٢٠٠° م يطرد الماء جزئيا ويتكون الجبس الصناعى (عجينة باريس) وهــــو عبارة عن كا كب أ$_{٤}$. $\frac{١}{٢}$ يد$_{٢}$ أ وعجينــة باريس تأخذ الماء بسهولــــة وتحدث ذوبان ثم عملية تشبع ثم عملية بلورة وهذه البلورات الناتجة تسبب القــوة

والتصلب لعجينة باريس . ولتكوين عجينة لدنة سهلة التشغيل يضاف ماء حوالـــى ٧٥٪ من وزن الجبس وتستعمل عجينة باريس فى عمل الموديلات وعمل القوالب والفرم والبياض وزمن الشك يتراوح من ٥ ــ ١٥ دقيقة ويمكن تقسيم الجبس الصناعى حسب نسبة كبريتات الكالسيوم بـه الى الاتـــى :

أ ــ جبس عادى : ويسمى احيانا بالجبس البلدى ونسبة كا كب أ٤ . $\frac{1}{2}$ يد ٢أ فيه لا تقل عن ٦٠٪ ولونـه رمادى يميل الى الاصفرار وينقسم بالنسبة لزمـن الشك الى نوعين :

جبس عادى متوسط الشك : وزمن الشك لا يقل عن ١٥ دقيقـة .

جبس عادى سريع الشـك : وزمن الشك لا يقل عن ٥ دقائـق ولا يزيد عن ٨ دقائق .

ب ــ جبس المصيص : نسبة كا كب أ٤ . $\frac{1}{2}$ يد ٢أ فيه لا تقل عن ٨٠٪ ولونه أبيض وينقسم بالنسبة لزمن الشك الى نوعين :

جبس مصيص بطىء الشك : لا يقل زمن الشك عن ساعـة .

جبس مصيص متوسط الشك : لا يقل زمن الشك عن ١٥ دقيقة .

جـ ــ جبس التشكيل : نسبة كا كب أ٤ . $\frac{1}{2}$ يد ٢أ فيه لا تقل ٦٠٪ ولونة أبيض ناصع ولا يقل زمن الشك عن ١٥ دقيقة ولا يزيد عن ٤٠ دقيقـة

د - الجبس الطبي :

ويستعمل للاغراض الطبية ونسبة كا كب أ $_{٤}$. $\frac{١}{٢}$ يد $_{٢}$ أ فيه لا تقل عن ٩٣ ٪ وزمن الشك لا يقل عن ٢ دقيقة ولا يزيد عن ٤ دقائق .

٢ - جبس ناتج بازالة ماء التبلور كليا :

عند تسخين خام الجبس النقي لدرجة حرارة أكثر من ٢٠٠ °م يطرد الماء كليا ويتكون كا كب أ $_{٤}$ والجبس الناتج من عملية التكليس ينقسم الى :

أ - جبس بياض الأرضيات : وفيه يتم الشك في ساعتين .

ب - بياض التشطيب الصلد : وهو ناتج تكليس الجبس الخام المضاف اليه الشبة أو البوراكس لدرجة الاحمرار (حوالى ١٠٠٠ °م) ويضاف اليه ١ ٪ من كبريتات البوتاسيوم والألمنيوم للاسراع في زمن الشك وهو يتراوح بين ١ - ٤ ساعات وقوة تحمله في الشد بعد ٧ أيام > ٣٠ كجم / سم٢ .

جبس بياض الحوائط :

يستخدم للطبقة الأولى والطبقة الثانية لبطانة البياض بعد خلطه بالرمل بالنسبة الاتية :

رقم الطبقة	النسب المئوية للخلط	
	رمل	جبس
الطبقة الاولى	لا يزيد عن ٦٦٪	لا يقل عن ٢٠٪
الطبقة الثانية	لا يزيد عن ٧٥٪	لا يقل عن ١٥٪

وتضاف لكل طبقة مواد للتحكم فى التشغيل أو زمن الشك أو التماسك بنسبة تساوى باقى النسبة المئوية المكملة • ويعتبر بياض الحوائط بالجبس أفضل من بياضها بالجير للأسباب الاتية :

١ ـ حسن المنظر والملمس بالنسبة للشكل النهائى •

٢ ـ يجف الجبس ويتصلب بسرعة وفى وقت أقل بكثير من بياض الجير •

٣ ـ يجب اطفاء الجير بعناية قبل استخدامه •

ويجب مراعاة أن الجير أكثر لدونة وقابلية للتشغيل من الجبس وله قدرة عالية على حمل الرمل •

قوة تحمل الجبس الانشائى :

تتراوح قوة تحمل الجبس الانشائى للضغط من ٥٠ ـ ٢٠٠ كجم / سم٢ •

وتتوقف هذه المقاومة على الآتي :

١ ـ المواد المضافة للجبس لتقليل سرعة شكه ·

٢ ـ درجة حرارة تكليس الخام ·

٣ ـ كمية الماء اللازمة لعمل عجينة لدنة من الجبس فتزيد مقاومة الجبس للضغط كلما قلت كمية الماء ·

٤ ـ درجة جفاف الجبس ·

ويحصل الجبس على نصف قوته بعد ٢٤ ساعة من وضعه فى مكانه والبياض الجبسى الذى يحتوى على جبس : رمل بنسبة ١ : ٢ قوته حوالى ٦٠٪ من بياض الجبس الذى لا يحتوى على رمل · والمواد المضافة للجبس للتحكم فى زمن الشك تقلل من مقاومة الجبس بعد التصلب ومقاومة الشد للجبس ضعيفة ومعاير مرونة الجبس حوالى ٧٠ طن / سم^{2} والمنحنى البيانى للاجهاد والانفعال فى الشد والضغط تقريبا خط مستقيم ·

استعمالات الجبس :

يستعمل فى البياض وكمادة لاحمة سريعة الشك فى البناء ولعمل التماثيل ولأعمال الديكور ·

* *

*

اختبارات الجبس الصناعي

(١) اختبار درجة النعومة

Testing of gypsum

plaster.

الغرض من الاختبار :

تعيين مقاس حبيبات الجبس أي درجة نعومته .

خطوات الاختبار :

١ - يجفف مقدار من الجبس في جفنه من الصيني في فرن تجفيف درجة حرارته حوالي ٤٥ °م حتى يثبت الوزن .

٢ - يؤخذ من الجبس عينه وزنها ١٠٠ جم وتنخل على المنخل القياسي رقم ١٤ ثم المنخل القياسي ١٠٠ مع عدم استعمال أي عامل لضغط الجبس في فتحات المنخل .

٣ - يوزن المتخلف من الجبس على كل منخل وينسب مئويا للوزن الأصلي ثم تقارن هذه النسب بحدود المواصفات القياسية المصرية .

المناقشــــــة : Discussion

١ — ما هو الهدف من اجراء اختبار النعومة للجبس ؟

٢ — كيف تحضر العينة الكلية لاختبارات الجبس وكيف تجهز منها عينة اختبار النعومة ؟

٣ — اشرح كيف يجرى اختبار النعومة للجبس · — اذكر نتائج الاختبار ·

٤ — ما هى الفائدة من استعمال المنخل رقم ١٤ (٢٥ر١مم) فى الاختبار · ؟

٥ — ما هى الأنواع المختلفة من الجبس الصناعى المحضرة من خام الجبس·؟

٦ — ما هى الاشتراطات التى تنص عليها المواصفات القياسية المصرية م · ق · م ١٨٨ لخاصتى اللون والنعومة اللازمتين للجبس العادى (الجبس البلدى) وجبس البياض (مصيص الجبس) وجبس التشكيل ·؟

* *

*

(٢) اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لعمل عجينة قياسية للجبس :

Determination of consistence of standard gypsum paste

الغرض من الاختبار :

تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة من الجبس ذات قوام قياسي لاستعمالها في تحضير عينات اختبار زمن الشك للجبس واختبار معاير الكسر في الانحناء .

الأجهزة المستعملة :

١ ـ جهاز فيكات السابق شرحه في اختبارات الأسمنت .

٢ ـ ميزان ـ لوح غير مسامي من المعدن او الرخام ـ مخبار مدرج لتحديد كمية الماء المضاف .

كمية الماء القياسية :

هي كمية الماء اللازمة للخلط مع ١٠٠ جم من الجبس الصناعي لتكوين عجينة قياسية تسمح لطرف اسطوانة جهاز فيكات الهبوط فيها الى نقطة تبعد عن قاع قالب الجهاز مسافة ٣٠ ـ ٣٢ مم .

خطـــوات الاختبـــــار :

١ — يحضر ٢٠٠ جم من الجبس المراد اختباره وتنشر على لوح غير مسامى ويضاف اليها ماء بنسبة مئوية معينة من وزن الجبس .

٢ — يخلط الجبس مع الماء لمدة ٣ دقائق خلطا جيدا ثم يملاء قالب جهـــاز فيكات الموضوع على لوح غير مسامى بعجينة الجبس ويسوى السطح .

٣ — يوضع قـالب جهاز فيكات فوق قاعـدة الجهاز ويدلى الطرف الاسطوانـــى ببطء حتى يلامس سطح العينة ثم يترك ليهبط تحت تأثير وزنـه .

٤ — تؤخذ القراءة على التدريج والموجودة أمام العلامة الافقية على اسطوانـة جهاز فيكات فتدل على ارتفاع الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات عن قـــاع القالـــب .

يعاد الاختبار بناء على نتيجة الاختبار السابق مع عمل عجينة أخرى بكميـــة ماء مضافة أكبر أو أقل من الاختبار السابق للوصول الى كمية الماء الـــتى تعطى عجينة الجبس ذات القوام القياســى .

٦ — يعاد الاختبار عدة مرات ثم يرسم منحنى يمثل العلاقة بين النسبـــة المئوية للماء المضاف وبعد طرف اسطوانة جهاز فيكات عن قاع القالـــب ويحدد من هذا المنحنى كمية الماء التي تعطى عجينة قياسية من الاسمنت (حسب التعريف الســابق) .

المناقشـــــــة : Discussion

١ - ما هى نسبة ماء العجينة القياسية للجبس ؟

٢ - ما هو الغرض من تحديد هذه النسبة من الماء اللازم لتشكيل عجينة الجبس القياسية ٠ ؟

٣ - أذكر كيف يجرى الاختبار لتعيين هذه النســـبة ٠ ؟

٤ - ارسم تخطيطيا جهاز فيكات المعدل المستخدم فى اجراء الاختبار وبيان اجـزائه الرئيسية ومقاساته القياسيـة ٠ ؟

٥ - ما هى العوامل التى تؤثر فى تغير قيمة نسبة ماء العجينة القياسيـــــة للجبـس ؟ وضـــح لمـــاذا ؟

٦ - أذكر نتائج الاختبار العملى لتحديد نسبة ماء العجينة القياسيـة للجبــس٠

*　　　*

*

(٣) اختبار تعيين زمن الشك للجبس

Determination of setting time of gypsum.

زمن الشك للجبس هو الزمن الذى يمضى من لحظة اضافة الماء للجبس (بنسبة ماء العجينة القياسية والسابق تحديده من الاختبار رقم (٢) الى اللحظة التى يستطيع طرف ابره جهاز فيكات الهبوط الى مسافة ٣ مسم من قاع قالب الجهاز.

الأجهزة المستعملة :

جهاز فيكات مع استبدال الطرف الاسطوانى بابرة فيكات - ساعة ايقاف.

خطوات الاختبار :

١ - يحضر ٢٠٠ جم من الجبس ويضاف اليها ماء بنفس النسبة المئوية السابق تحديدها فى اختبار رقم (٢) لتشكيل عجينة قياسية من الجبس مع تشغيل ساعة الايقاف عند اضافة الماء للجبس.

٢ - يخلط الجبس مع الماء جيدا لمدة ٣ دقائق ثم توضع عجينة الجبس لتملأ قالب جهاز فيكات ويسوى السطح.

٣ - يوضع قالب جهاز فيكات والموضوع فوق اللوح المعدنى تحت الطرف الاسطوانى

والذى يتدلى منه ابرة فيكات ثم يدلى طرف الابرة حتى يلامس سطح العجينـــة ببطء ثم يترك ليهبط تحت تأثير الوزن الكلى للطرف الاسطوانى وتؤخذ قـــراءة التدريج أمام العلامة على الاسطوانة فتدل على بعد طرف الابرة عن القـــاع •

٤ ــ تترك العجينة فترة ثم يحرك القالب قليلا حتى لا تهبط الابرة فى النقطـــة الواحدة أكثر من مرة ويعاد عملية نفاذ الابرة فى عجينـة الجبـــس •

٥ ــ تكرر هذه العملية عدة مرات حتى تصل الى اللحظة التى يبعد فيهـــا طرف أبرة جهاز فيكات الى بعد ٣ مم من قاع القالب •

٦ ــ يسجل الزمن المبين بساعة الايقاف فيكون هو زمن الشك للجبس •

المناقشـــــة : Discussion

١ ــ ما هو الغرض من اجراء اختبار زمن الشك للجبـــس ؟

٢ ــ اشرح كيفية اجراء اختبار زمن الشك وأذكر نتائج الاختبار العملى الـــتى حصلت عليهـــا •

٣ ــ لماذا يعتبر الجبس سريع الشك غير مرغوب فيه للأعمال الانشائيـــة ؟

٤ ــ ارسم تخطيطيا جهاز فيكات المستخدم فى اجراء اختبار تعيين زمن الشـــك للجبس الصناعـــى •

٥ ــ ما هى الاشتراطات التى تنص عليها المواصفات القياسية المصريـــة (م ٠ ق ٠ م ١٨٨) للجبس الصناعى الخاصة بزمن الشك للجبـــس العـادى (الجبس البلدى) ، جبس البياض (مصيص الجبـــس) وجبـــس التشكيل ؟

٦ ــ ما هى المواد التى تضاف الى الجبس للتحكم فى زمن الشـك ؟

٧ ــ هل يصلح الجبس بعد حدوث الشك به لأعمال البياض والأعمال الانشائية • ؟

(٤) اختبار معاير كسر الانحناء للجبس

Determination of Modulus of rupture of gypsum.

الغرض من الاختبار :

هو تحديد مقاومة الجبس فى الانحناء وذلك بحساب معاير كسر الانحناء .

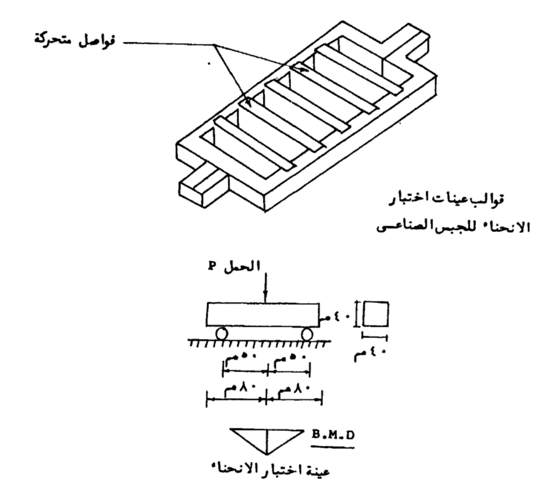
خطوات الاختبار :

١ - يؤخذ ١٧٠٠ جم من الجبس المواد اختباره ويضاف اليها كمية الماء حسب النسبة القياسية السابق تحديدها فى اختبار رقم (٢) لتحضير عينة قياسية من الجبس ويخلط الجبس مع الماء لمدة ٣ دقائق .

٢ - تصب عجينة الجبس فى قوالب سبق تزييتها أبعاد كل منها من الداخل : ١٦٠ x ٤٠ x ٤٠ مم وبعد تمام شك العجينة ترفع القوالب وتحفظ عند درجة حرارة حوالى ٢٥ $^{\circ}$م ورطوبة نسبية لا تقل عن ٥٠٪ .

٣ - تختبر العينات السابق تجهيزها بعد مضى ٢٤ ساعة ، بعد مضى ٧ أيام من صبها فى ماكينة اختبار الانحناء .

٤ - يحدد حمل الكسر .



قوالب عينات اختبار الانحناء للجبس الصناعى

عينة اختبار الانحناء

النتـــائج :

$$\text{معاير الكسر فى الانحناء} = \frac{P_L}{bd3} \times \frac{3}{2} = \frac{d/2}{\frac{4}{bd/12}} \times \frac{p^L}{4}$$

حيث
P = حمل الكسر بالكيلو جرام
L = المسافة بين نقط الارتكاز بالمليمتر .
b = عـــرض القطـاع = ٤٠ مـم .
d = ارتفـــاع القطاع = ٤٠ مم .

المناقشـــــة : Discussion

١ - ما هو الهدف من اجراء اختبار الانـحناء للجبـس ؟

٢ - اشرح كيف تحضر عينات اختبار الجبس فى الانحناء (قوالب الاختبـــار)

٣ - اشرح طريقة اختبار الانحناء للجبس وأذكر النتائج المعملية لحمل الكســر لقوالب الاختبار بعد ٢٤ ساعة و ٧ أيام من صب القوالب .

٤ - بين كيف يعين معاير الكسر Modulus of rupture من بيانات اختبار الانحناء للجبس ؟ ثم احسب معاير الكسر للقوالـــب المختبرة بالمعمـــل .

٥ - ما هى الاشتراطات التى تنص عليها المواصفات القياسية المصريــــة (م . ق . م ١٨٨٠) للجبس الصناعى الخاصة بمعاير الكسر للانحنـــاء للجبس العادى وجبس البياض وجبس التشكيل .؟

٦ - ما هو تأثير زيادة الماء اللازم لتشكيل الجبس فى مدى مقاومته لأحمــال الانحنـاء ؟ اشـرح لمـاذا ؟

مواصفات الجبس الصناعى

الخواص	جبس عادى (المعروف محليا باسم الجبس البلدى)	جبس المصيص (المعروف محليا باسم المصيص)	جبس التشكيل
اللون	متجانس بالنسبة للكمية الواحدة ويكون رماديا أو ورديا خفيفا أو مائلا الى الصفرة .	متجانس بالنسبة للكمية الواحدة ويكون أبيض اللون ناصعة .	متجانس بالنسبة للكمية الواحدة ويكون أبيض اللون ناصعة .
درجة النعومة	يمر جميعه من المنخل القياسى ٢٥ر١ مم ولا يبقى على المنخل القياسى ١٥ر٠ مم أكثر من ٢٥٪	يمر جميعه من المنخل ٢٥ر١ مم ولا يبقى على المنخل القياسى ١٥ر٠ مم أكثر من ٢٠٪	يمر جميعه من المنخل القياسى ٢٥ر١ مم ولا يبقى على المنخل ١٥ر٠ مم أكثر من ٥٪ .

تابع / جدول مواصفات الجبس الصناعي

زمن الشك	أ - متوسط الشك لا يقل عن ١٥ دقيقة ب - سريع الشك لا يقل عن ٥ ولا يزيد على ٨ دقائق	أ - متوسط الشك لا يقل عن ١٥ دقيقة ب - بطيء الشك لا يقل عن ساعة	لا يقل عن ١٥ دقيقة ولا يزيد على ٤٠ دقيقة
معامل الكسر للانحناء	بعد ٢٤ ساعة لا يقل عن ١٠ كجم /سم٢ . بعد ٧ أيام لا يقل عن ٢٠ كجم /سم٢	بعد ٢٤ ساعة لا يقل عن ١٥ كجم /سم٢ . وبعد ٧ أيام لا يقل عن ٣٠ كجم / سم٢	بعد ساعة واحدة لا يقل عن ١٥ كجم /سم٢ . بعد ٧ أيام لا يقل عن ٤٠ كجم / سم٢
نسبة كبريتات الكالسيوم نسبة كلوريد الصوديوم نسبة الماء المتحد نسبة الشوائب	لا تقل عن ٦٠٪ بالوزن لا تزيد على ٢٪ بالوزن لا تقل عن ٣٪ ولا تزيد على ٩٪ بالوزن (سيليكا واكاسيد حديد والومنيوم لا تزيد على ٢٠٪)	لا تقل عن ٨٠٪ بالوزن لا تزيد على ١٪ بالوزن لا تقل عن ٤٪ ولا تزيد على ١٠٪ بالوزن (السيليكا والمواد السيليسية لا تزيد على ٥٪).	لا تقل عن ٩٠٪ بالوزن لا تزيد على ١٪ بالوزن لا تقل عن ٥٪ ولا تزيد على ٩٪ بالوزن لا تزيد على ٢٪ بالوزن

الطـــــــوب
Bricks

الطوب هو القوالب ذات الابعاد ٢٥ × ١٢ × ٦ سم أو ٢٢ × ١١ × ٦ سم ويستعمل لعمل حوائط لتقسيم المبنى الى حجرات وبعض أنواع الطوب ذات التشكيـــل النهائى الجيد تستعمل فى عمل واجهات المبانى وتتميز بمنظر معمارى جميـــل والطوب الاسفلتى الذى يتميز بمقاومة الاحتكاك يستعمل فى رصف الارصفة والجـراجات .

والمواد الخام المستعملة فى صناعة الطوب هى الطين ويمكن استعمال طـين تربة الاراضى الزراعية . والطينات عـبارة عن سليكات الالومنيا المائية المحتوية علــى مـاء وتحتوى على بعض الـشوائب مثل أكسيد الحديد وأكسيد الكالسيوم وأكسيـــد الماغنسيوم والقلويات وبعض المواد العضوية . ويجب أن يتوافر فى الطين المستعمـــل خاصية اللدونة وسهولة التشغيل حتى يمكن تشكيل الطوب بسهولة فى القوالب يدويـــا أو ميكانيكيا . وتعطى هذه اللدونة للطين غير اللدن باضافة الماء اليه أو خلطـــه مع نوع آخر من الطين للحصول على اللدونة المطلوبة . والمواد الطينية ذات اللدونــة العالية والزائدة عن المطلوب ويمكن أن يضاف اليها بعض المواد غير اللدنة مثل الرمـــل أو قشر الارز أو الياف الكتان لتقليـــل اللدونة ولتنظيم عملية التجفيف وتقليل انكماش الطوب فى القوالب عـند الجفاف فى الهواء أو أثناء الصناعة ويجب أن يكون هذا الانكماش أقـــل

ما يمكن • ويمكن تقسيم الطوب الى ثلاثة أنواع كالاتـــــى :

١ ــ الطـــين السطحى وهو الطين المترسب حديثـــــا •

٢ ــ الحجر الطينى وهو الذى تعرض للضغـــــط •

٣ ــ الحجر الطينى النارى وهو المستخرج من طبقات عميقة وله بعض الخـــواص الحراريـــــة •

<u>التحليل الكيميائى للطين الجيـد الصالح للاستعمال فى صناعـة الطوب :</u>

يحتوى الطين الجيد والصالح للاستعمال فى صناعة الطوب على التركيـب الكيميائى الاتـــــى :

١ ــ سليكا	س أ٢	٤٠ ــ ٦٠٪	
٢ ــ الومنيا	لو٢ أ٣	١٠ ــ ٢٥٪	
٣ ــ أكسيد الحديد	ح٢ أ٣	٤ ــ ٨٪	وتكون حوالـى ٢٠٪ من الطـين وتعمـل كعناصر مساعـدة للانصهـــــار
٤ ــ الجـــير	كا أ	١ ــ ١٥٪	
٥ ــ الماغنســيوم	مغ أ	صفر ــ ٤٪	
٦ ــ القلويــات	بو٢ أ ، ص٢ أ		
٧ ــ مـــاء	يد٢ أ		وهى موجودة بنسبة قـلـيلة جـــدا
٨ ــ ثانى اكسيد الكربون	ك أ٢		
٩ ــ ثالث اكسيد الكبريت	كب أ٣		

والسليكا توجد فى الطين أما متحدة مع الألومنيا أو على هيئة رمل وهى تحتاج لدرجة حرارة عالية لصهرها بخلاف مكونات الطين الأخرى وزيادة كمية السليكا فى الطين تجعل الطوب الناتج قصف وتقلل الانكماش وخاصة أثناء الحرق وتزيد الخواص الحرارية للطوب •

والجير يعمل كمادة تساعد على الانصهار وزيادة كميته بالطوب تسبب الانصهار المتزايد للطين مما يضر بالطوب • واذا تواجد فى الطين على هيئة كربونات كالسيوم يجب أن يكون موزعا توزيعا منتظما حتى لا يتسبب فى تفتت الطوبة بعد صناعتها نتيجة زيادة حجم الجير الحى الناتج من تسخين الطوب فى الافران أثناء الصناعة مع الماء الذى قد يمتصه الطوب بعد الصناعة وأثناء الانشاء • واذا تواجد على هيئة كبريتات كالسيوم فانه يسبب تلوين الطوبة عند الاستعمال •

والماغنسيوم يعمل ايضا كعامل مساعد على الانصهار ويساعد على اعطاء الطوبة اللون الفاتح ولكنه يسبب تزهير الطوبة عند الاستعمال •

وأكسيد الحديد يساعد على تقليل درجة الانصهار ويسبب سهولة الطين اذا كانت كمية السليكا قليلة وهو الذى يعطى الطوب اللون الاحمر •

والقلويات تعمل كمادة مساعدة على انصهار الطين •

والماء الحر اذا وجد بكمية كبيرة يسبب انكماش ملحوظ للطين عند الجفاف بالهواء قبل تسخين القوالب فى الافران اما الماء المتحد مع الطين فيسبب انكماش الطوب اثناء حرق القوالب •

والمواد الكربونية اذا تواجدت على هيئة كربون أو مواد بيتومينية تعطى اللون الأسود لقلب الطوبة اذا لم يمكن التخلص منها ٠

والكبريت يعطى للطوبة المصنعة تركيب اسفنجى واذا تواجد على هيئة كبريتات يسبب تمليح الطوبة عند الاستعمال ٠

طريقة صناعة الطوب :

تمر صناعة الطوب من الطين بالخطوات الآتية :

١ ـ تؤخذ المواد الطينية من الأنهار أو الترع أو بالحفر من التربة الزراعية أو بتحجيز الحجر الطينى من محاجر خاصة ويزال من الطين الحصى والاحجار العالقة به ثم يخلط الطين جيدا لجعله متجانسا وخاصة لو كان يحتوى على أكثر من نوع واحد وذلك حتى تكون الطوبة الواحدة ذات خواص متجانسة ولا تكون معرضة لحدوث شروخ بها ويتم الخلط أحيانا بواسطة أزرع وسكاكين للتقليب والتقطيع ويجب أعطاء الطين أثناء الخلط اللدونة المطلوبة باضافة الماء اللازم لذلك (وتسمى هذه العملية بعملية التخمير) اذا كان الطين غير لدن أو باضافة مواد غير لدنة مثل الرمل أو قشر الارز أو الياف الكتان لاعطائه اللدونة المطلوبة وتقليل انكماش الطوب اثناء الصناعة ٠

٢ ـ يتم تشكيل الطين فى قوالب خشبية لتعطى مقاسات الطوبة المطلوبة بعد

على نسبة الانكماش اللازمة أثناء التجفيف والحريق ويكون هذا التشكيل أما يدويا أو ميكانيكيا بواسطة ماكينات اتوماتيكية أو بطريقة السحب من ماكينات مع استعمال الضغط •

وفى حالة الطين اللين الذى يحتوى على ٢٠ ـ ٣٠٪ ماء يوضع فى القالب ويتم التشكيل بالضغط الخفيف • ولمنع التصاق الطين بجوانب القالب يدهن القالب من الداخل بالرمل أو يبلل بالماء ثم يوضع الطين ويضغط عليه ويسمى الطوب الناتج والمشكل بهذه الطريقة طوب ضرب الصفرة •

وفى حالة الطين الصلب الذى يحتوى على ١٠ ـ ١٥٪ ماء يتم تشكيل الطوبة بضغط الطين بماكينة التشكيل ميكانيكيا ليخرج من فتحة لها مقاس الطوب وتقطع الطوبة باستخدام السلك ويمكن عمل ذلك لمجموعة من قوالب الطوب فى وقت واحد ويسمى الطوب الناتج والمشكل بهذه الطريقة طوب قطع السلك •

أما الطين الجاف الذى يحتوى على ٥ ـ ٧٪ ماء يكون الطين أقرب للتلدن ويتم تشكيل القوالب ميكانيكيا بوضع الطين فى القوالب ذات الشكل المطلوب والضغط بماكينات خاصة باجهاد تتراوح قيمته بين ٤٠ ـ ١١٠ كجم / سم٢ •

٣ ـ يتم تجفيف قوالب الطين (الطوب الاخضر) بعد تشكيلها اما طبيعيا بوضعها فى الهواء الطلق او صناعيا بوضعها فى حجرات خاصة يمر بها تيار من الهواء يمكن التحكم فى درجة حرارته أو باستخدام الهواء

الساخن من عادم افران الحريق وذلك للمساعدة فى اجراء التجفيف والغرض من التجفيف هو تقليل الماء الموجود بقالب الطوب حتى يقل الوقت والوقود اللازمين لعملية الحريق وذلك يعطى قوة للطوبة الخضراء حتى يمكن وضع قوالب الطوب فوق بعض فى فرن الحريق وتأخذ عملية التجفيف حوالى ثلاثة أيام ٠

٤ - بعد تجفيف قوالب الطين يتم حرق القوالب فى قمائن أو أفران خاصة وهى أما ذات انتاج مستمر أو غير مستمر وترص القوالب فى الفرن بحيث يسمح للهواء الساخن بأن يمر بسهولة بين القوالب ليرفع درجة الحرارة بانتظام وتستغرق عملية الحرق حوالى ٣ - ٤ أيام وعندما ترتفع درجة حرارة القوالب الى ٣٠٠° ف يتم تبخير الماء الحر الذى لم يزال بالتجفيف فى الخطوة السابقة ٠ وعندما تصل درجة حرارة القوالب ٨٠٠ - ١٢٠٠° ف يتم ازالة الماء المتحد كيمائيا مع الطين ٠ وأثناء ازالة الماء المتحد مع الطين تبدأ عملية تأكسد واحتراق كل المواد القابلة للاحتراق وتتم عملية التأكسد عند درجة حرارة ٤٠٠ - ١٧٠٠° ف ٠

وعندما تزداد درجة الحرارة بعد فترة التأكسد يحدث تزجج (أنصهار) للطوب باحدى الحالتين الاتيتين :-

أ - انصهار تام : فيحدث هذا الانصار عند درجة حرارة تتراوح بين ١٥٠٠ - ٢١٠٠° ف يتم انصهار الحبيبات مع بعضها ولا تسبب هذه الحرارة اتحاد الجزيئات مع بعضها تماما ولا تسد الفراغات

الموجودة بالطوب .

ب - تزجج تام : عند درجة حرارة التزجج حوالى ١٢٥٠ °م يحدث أنصهار تام لكل الحبيبات وتسد الحبيبات الفراغات وتجعل الطوب غير منفذ للماء ويحرق لهذه الدرجة طوب الرصف .

ه - بعد الحرق يتم تبريد الطوب تدريجيا حتى لا يحدث شروخ وتشققات على سطح قوالب الطوب وتستغرق عملية التبريد فترة تتراوح بين ٢ - ٣ أيام .

أفران حرق الطوب

هى عبارة عن حجرة مبطنة بالطوب الحرارى وهى اما افران مستمرة أو أفران غير مستمرة . والافران الغير مستمرة غير اقتصادية وتستهلك كمية وقود كبيرة وتستعمل فيها أنواع الوقود غير الجيدة مثل البوص وفروع الشجر وحطب القطن ولا تحتاج لرؤوس اموال كبيرة لبنائها وانتاجها متقطع . أما الافران المستمرة فتستهلك كمية وقود أقل وتعطى انتاج مستمر وبعضها مجهز بمنطقة حرق متحركة مثل قمينة هوفمان .

أنواع الطوب المصنوع من الطين :

أ - الطوب الاحمر العادى :

ويستعمل هذا الطوب فى أعمال البناء ويشمل طوب ضرب السفرة .

وطـــوب قطع السلك والطوب المضغوط ويغطى هذا الطوب بعد استعمالــه فى الحوائط بطبقة من مونة الرمل والاسمنت ثم تغطى هذه الطبقة بالبياض ويجـب أن يكون الطوب خاليا من التشققات والأحجـارالصغيرة من الجير ويجب أن يكـون الطوبة متجانسة ولها رنين عند الخبط عليها وذات شكل منتظم وزواياها وجوانبها وأبعادها مضبوطة • ويقسم الطوب البلدى المحروق الى درجتين أما الطوب قطع السلك والطوب المضغوط فيمكن تقسيمه الى ثلاث درجات • والجدول الاتى يبـين المقاومة للضغط والنسبة المئوية للامتصاص لكل نـوع :

	طوب ضرب السفرة		طوب قطع السلك والطوب المضغـوط		
	درجة أولى	درجة ثانية	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة
مقاومة الضغط (كجم/ سم٢)	> ٦٠	> ٣٥	> ٤٠٠	> ٢٥٠	> ١٥٠
النسبة المئوية للامتصاص	< ٢٧	< ٣٢	< ١٦	< ٢٠	< ٢٣

٢ ـ الطوب الأحمر المفرغ :

يصنع هذا الطوب بطريقة طوب ضرب الصفرة وقطع السلك وهو أكبر حجما من الطوب الاحمر العادى ويستعمل لملأ الفراغات فقط وهو يتميز بخفة وزنه وحسن عزله للحرارة والصوت ولذلك يفضل فى عمل الحوائط الداخلية ومقاومته للضغط لا تقل عن ٣٥ كجم /سم٢ وهو يساعد على تقليل كميات الخرسانة المستعملة فى عمل الهيكل الخرسانى للمنشأ لخفة وزنه مما يساعد على الاقتصاد فى تكاليف المنشأ .

٣ ـ طوب تكسية الواجهات :

يصنع هذا الطوب عادة من طينات نارية ويستعمل فى الواجهة الخارجية للمبانى لاعطاء شكل معمارى جميل وله مقاومة عالية للعوامل الجوية ولا يغطى هذا الطوب بالبياض وأحيانا يضاف اليه ألوان لاعطاء اللون المطلوب مثل الأحمر أو الأصفر أو الرمادى ويجب أن تكون مقاساته منتظمة . وقوة تحمله للضغط تتراوح بين ١٥٠ ـ ١٨٠ كجم / سم٢ والنسبة المئوية لامتصاص الماء تتراوح بين ١٢ ـ ١٨ ٪ وهو غالى الثمن .

٤ ـ الطوب المحروق لدرجة التزجج :

ويسمى أحيانا بالطوب الهندسى أو المضغوط أو طوب الرصف

ودرجة حرارة حرقة عالية (١٢٥٠ م°) وهو صلد وذو مقاومة ضغط عالية وله مقاومة عالية للاحتكاك وهو يستعمل فى الرصف وخاصة الكبارى •

٥ ـ الطوب المزجج السطح :

يصنع هذا الطوب من الطين النارى ليتحمل درجة حرارة الحريق اللازمة لاحداث تزجج بالسطح باحدى الطريقتين الاتيتين :

أ ـ التزجج بالأملاح :

عندما يتم حرق الطوب تقريبا يدخل الى الفرن الأملاح فتتبخر الأملاح ويترسب الصوديوم الموجود بها على سطح الطوب مكونا سليكات الصوديوم وهى تعطى غطاء زجاجى للطوبة وتعطيها خاصية عدم نفاذ الماء •

ب ـ البنسترجج بأكاسيد الرصاص :

وتستعمل هذه الطريقة للطين النارى غير الجيد والذى يحتاج لدرجة حرارة أقل من التزجج بالأملاح • وفى هذه الطريقة يتم غمر الطوب المحروق فى محلول معلق به أكسيد الرصاص والرمل وبعض المواد الأخرى ثم يصير حرق الطوبة ثانية فيصهر أكسيد الرصاص والرمل معا ويكونا طبقة زجاجية رقيقة على سطح الطوبة تعطيها خاصية عدم نفاذ الماء •

٦ - الطـــوب الحـــــرارى :

يصنع هذا الطوب من الطين النارى ولذلك فهو يقاوم درجات الحـــرارة العالية والاحتكاك والتأثيرات الكيمياوية المختلفة ويستعمل فى تبطين الافـران المستعملة فى صناعة الحديد والصلب والصناعات غير الحديدية مثل النحـــاس والزنك والرصاص وفى صناعة الاسمنت والجير والزجاج . ويمكن تقسيم الطـــوب الحرارى بالنسبة لطبيعة التفاعلات الحرارية والكيميائية الى ما يأتـــى :

أ - الطـوب الحرارى الحامضـــى : (الطوب الحرارى المنجنيزى)

وهذا الطوب يقاوم تأثير الحرارة حتى ١٧٠٠ - ١٨٠٠ °م

ويصنع من هذا الطوب الانواع الاتيـــــة :

- طوب السـليكا ويحتوى على أكسيد سليكون لا يقل عن ٩٢٪ .
- طوب $\frac{١}{٢}$ سليكا ويحتوى على أكسيد سليكون بين ٧٨ - ٩٢٪ .
- طوب طينى نارى عادى ويحتوى على نسبة أكسيد ألومنيا حوالى ٣٨٪ .
- طوب طينى نارى الومينى يحتوى على أكسيد الومنيا بين ٤٥ - ٦٥٪
- طوب الومينى ويحتوى على اكسيد الومنيا لا يقل عن ٨٥٪ .

ب - الطوب الحرارى القاعـــــدى :

يصنع هذا الطوب من المجنزيت (كربونات الكالسيوم النقية) أو مــــن

الدولوميت (كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم) وهو يقاوم تأثير الخبث القاعدى .

جـ ـ الطـــوب الحـرارى المتعادل :

يصنع هذا الطوب من أكسيد الحديد والكروم حيث يطحن الخام ويخلط مع الطين النارى أو الماغنسيوم وهو يقاوم تأثير الخبث القاعدى والحامضـــى وأحيانا يطلق عليه الطوب الحرارى الكرومى والخواص الحرارية لهذا الطوب أقل من الطوب المنجنيزى وأضعف منه فى مقاومة الضغـط .

الطـــوب من مواد أخرى غير الطــين :

أ ـ الطوب الرملى الجيرى : يصنع هذا الـ طوب بخلط الرمل (رمل ناعم يمــــر جميعه من منخل ٢٠ ويمر ٢٥ ٪ منه من منخل ١٠٠) مع الجير فى خلاطـات ميكـانيكية ويجب طفى الجير الحى قبل خلطه بالرمل ونسبة الجير الحى المستخدم تتراوح بين ٥ ـ ١٠ ٪ من الخلطة . ويصب الخليط فى القوالب ذات المقاسات المطلوبة ويمرر داخل اسطوانات التصلب ويعرض داخلها لضغط بخار حوالـــى ١٠ كجم / سم٢ لمدة ٦ ـ ١٠ ساعات وقوة تحمل ضغط الطوب الرملى للجـير تتراوح بين ١٨٠ ـ ٣٥٠ كجم / سم٢ وامتصاصه للماء < ١٨ ٪ .

ب ـ طـــوب الخبـــث : يصنع هذا الطوب بخلط الخبث مع الجير بنفس طريقة الطوب الرملى الجيرى وله متانه عاليــة .

جـ ـ الطـــوب الخرسـانى : ويصنع بخلط الرمل والأسمنت أو خلط الركام مـــع الاسمنت ويعتبر الأسمنت هو المادة اللاحمة للركام أو الرمل .

د ـ الطـــــوب الأسفلتى : ويصنع بتسخين كسر الأسفلت الناعم لدرجـــة حرارة ١٠٠ °م ثم تبرد وتوضع فى قوالب وتضغط تحت ضغط ٥٠٠ ـ ٠٠ اكجم/ سم٢ ويستخدم لأرضيات الكبارى .

خـــواص الطـــوب الجيـــد :

يجب أن يكون الطوب متجانسا خاليا من التشققات ويكون محروقا حرقا جيـدا وله متانة عالية ويقاوم تأثير العوامل الجوية وله مقاومة عـالية للاحتكاك والضغط وذو ـ أشكال وأبعاد منتظمة ومضبوطة وجوانب سليمة وأن يكون له رنين عند الطرق عليـــه وأن يكون له امتصـاص مناســب للمـــاء .

الاختبارات الطبيعية والكيميائية لطوب البناء

(م٠ق٠م ٦١٩ / ١٩٦٥)

Physical tests on building bricks.

تحضير العينات وقياس الأبعـــــاد :

تؤخذ العينات من أماكن مختلفة من شحنة الطوب بحيث تمثل الطوب تمثيـــلا حقيقيا وترص عشرة طوبات بجوار بعضها على سطح مستوى وتقاس ابعادها ويقسم مجموع ابعاد العشرة طوبات على ١٠ لتحـديد متوسط ابعاد الطوبة الواحدة ويتبع هـــذا بالنسبة لقياس طول وعـرض وسمـك الطوبـــــــة ٠

(١) اختبار الامتصاص والمسامية الظاهرية للطوب

Absorption test and apparent porosity for bricks.

الغـــرض من الاختبـــار :

تحديد النسبة المئوية لامتصاص الطوب للماء وحساب المسامية الظاهريـــة وحساب معامل التشبع لهذا الطـوب .

الأجهـزة المســتعملة :

١ - فرن تجفيف
٢ - ميزان حساس
٣ - حوض بـه مــاء
٤ - لهـــب .

خطـــوات الاختبـــار :

يجرى اختبار الامتصاص والمسامية الظاهرية على خمس طوبات كاملة على الأقـل ويستخدم لذلك ميزان مناسب وذلك كالاتـــى :

١ - تجفف عينات الاختبار حتى يثبت وزنها فى فرن تجفيف به تهوية درجة حرارتـــه من ١١٠ الى ١١٥ درجة مئوية وتترك لتبرد لمدة ساعة على الاكثر ويعـــين وزنها وهى جافة ثم تغمر غمرا تاما فى ماء نقى درجة حرارته من ١٥ الـــى ٣٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة .

٢ - ترفع كل عينة ويمسح الماء العالق بسطوحها بقطعة من القماش مندأه بالمـــاء .

ثم توزن فى ظرف ثلاثة دقائق من رفعها من المـــاء •

٣ — توضع العينات التى أجرى عليها اختبار الغمر فى الماء لمدة ٢٤ ساعـــة بعد وزنها مباشرة فى حوض مائى بحيث يسمح للماء بالاحاطة بها مـــن جميع الجوانب • ويجب تزويد الحوض بشبكة لضمان حرية سريان المـــاء بين الطوب وقاع الحوض ويسخن الماء الى درجة الغليان فى ظـــرف ساعة تقريبا ويستمر الغليان لمدة خمس ساعات ثم تترك لتبرد بحيـــث توزن كل عينة مغمورة بأكملها فى ماء درجة حرارته من ١٥ الى ٣٠ درجة مئوية ثم ترفع العينات من الماء وتمسح سطوحها بقطعة من القماش منـــداه بالماء وتوزن فى ظرف ثلاث دقائق من رفعها من المـــاء •

النتـــــائج :

بفـــــرض أن :

أ = وزن الطوبة المجففة عند درجة حرارة من ١١٠ الى ١١٥ درجـــة مئويـــــة •

ب = وزن الطوبة بعد غمرها فى الماء لمدة ٢٤ ساعـة •

جـ = وزن الطوبة بعد غمرها فى ماء يغلى لمدة خمس ساعات •

د = وزن الطوبة وهى معلقة ومغمورة بأكملها فى ماء درجة حرارتـــــــة

من ١٥ ـ ٣٠ درجة مئوية بعد الغليان مدة خمس ساعات •

• • النسبة المئوية للامتصاص بعد غمر الطوب في الماء لمدة ٢٤ ســاعة

$$= \frac{ب - أ}{أ} \times ١٠٠$$

النسبة المئوية للامتصاص بالوزن بعد الغليان في الماء لمدة خمس ســـاعات

$$= \frac{جـ - أ}{جـ - د} \times ١٠٠$$

$$\text{النسبة المئوية للمسامية الظاهرية} = \frac{جـ - أ}{جـ - د} \times ١٠٠$$

$$\text{معامـــل التشـبع} = \frac{ب - أ}{جـ - أ}$$

ملحوظـــــة :

يذكر في التقرير نتيجة كل طوبة على حدة ومتوسط الخمس طوبـــات •

* *

*

(٢) اختبار الانكماش عند الجفاف
Determination of drying shrinkage of bricks.

الغرض من الاختبار :

تحديد النسبة المئوية للانكماش في الطوب بعد الجفاف ويجرى هذا الاختبار على خمس طوبات ويؤخذ المتوسط • ويقصد بالانكماش بالجفاف التغير في الابعاد الطولية الذى يحدث في الطوبة المحروقة نتيجة تغير نسبة ما تحتويه من الرطوبة •

الأجهزة المستعملة :

١ - فرن تجفيف •

٢ - جهاز قياس التغير في الطول (نفس الجهاز المستعمل في اختبار الانكماش للأحجار والسابق شرحه) •

٣ - مجموعة أوعية •

خطوات الاختبار :

١ - لتعيين التغير في الابعاد الطولية نتيجة الانكماش عند الجفاف يجرى الاختبار على خمس طوبات كاملة • ويعمل بالقرب من منتصف نهايتى كل طوبة ثقبان

عمق كل منهما حوالى ٣ مم ويثبت فى كل ثقب كرة من الصلب قطرها حوالـــــى ٥ر٦ مم بحيث يبرز نصف سطحها وذلك باستخدام عجينة من الأسمنت البورتلانـدى وتترك فى جو رطب يوما واحدا حتى يتصلد الأسـمنت ٠

٢ ـ تغمر العينات غمرا تاما فى الماء لمدة ٤ أيام ٠ وقبل رفعها من المـاء بأربع ساعات يجب أن تثبت حرارة الماء عند درجة حرارة ٢٥°م ± ١°م ويقاس البعد بين كرتى الصلب لكل طوبة ويعتبر هذا البعد طول الطوبة وهى مبللة ٠ ويجب طلاء سطح الكرات الصلب بالشحم قبل غمرها فى المـاء مباشرة لتجنب الصـــدأ ٠

٣ ـ تجفف العينات فى فرن جهد التهوية درجة حرارته ١١٠°م ± ٥°م ويلاحظ عدم ادخال عينات رطبة فى فرن به عينات جافة جفافا كليـــــا أو جزئيا وبعد ٢٤ ساعـة تترك العينات لتبرد فى مجفف كلوريد الكالسيوم لمدة ١٦ ساعة ثم يقاس الطول مرة ثانية ويعاد التجفيف والتبريد والقياس بنفس الشروط السابقة حتى يمكن الحصول على مقاسين متعاقبين لا يزيــد الفرق بينهما على ٠١ر٠ مم ويؤخذ القياس النهائى على أنه طول الطوبة فى حالة الجفاف والفرق فى الطول فى حالتى البلل والجفاف مبينا علـى صورة نسبة مئوية من الطول الجاف هو الانكماش الناشئ عن الجفـــاف ٠

النتـــــائج :

النسبة المئوية للانكماش بعد الجفـــــاف =

$$\frac{\text{الطول الرطـــب} - \text{الطــــول الجـاف}}{\text{الطــول الجــاف}} \times ١٠٠$$

(٣) اختبار مقاومة الضغط للطـــوب

Determination of compressive strength of bricks.

الغـــرض من الاختبـــار :

- تحديد مقاومة الضغط للطوب ويجرى الاختبار على خمس طوبات ويؤخذ المتوسط.

عينـــات الاختبـــار :

١ - يستخدم فى اختبار تحديد المقاومة للانضغاط ٥ طوبات تؤخذ حيثمـــا اتفق ويعتبر سطحا الطوبة الافقيان عند بنائها فى الحائط سطحى التحميل وتحسب الابعاد الافقية لكل سطح من أسطح التحميل الى أقرب ملليمـــتر وتؤخذ المساحة الصغرى لأحد السطحين فى حساب مقاومة الانضغـــاط.

تجهيز عينات الاختبـــار :

أ - طوب مصمت بدون فجـــوات :

يغمر الطوب المصمت الخالى من الفجوات فى ماء درجة حرارته من ١٥ °م الى ٣٠ °م لمدة ٣ أيام قبل اجراء الاختبار عليـــه .

ب - طـــوب ذو فجـوات (أى حفر بسطح الطوبـة)

يغمر الطوب ذو الفجوات فى ماء درجـة حرارته من ١٥ °م الى ٣٠ °م لمدة ٢٤ ساعة ثم يرفـع من الماء ويترك ليجف فى درجة حرارة الغرفـــة لمدة ٥ دقائق ثم يمسح الماء العالق بقطعة من القماش مندا ه بالمـــاء وتملأ الفجـوات بمونة مكونة بنسبة جزء من الاسمنت وجزء من الرمـــل السليسى القياسى (يمر من منخل قياسى سعة فتحته ٥ر٢ مم) ثم تسـوى المونة بسطح الطوبة ويجهز من كل خلطـة مونة ٣ مكعبات على الاقل طول ضلع كل منها ٠٦ر٧ سم (مساحة السطح ٥٠ سم٢) بنفس الشروط المتبعة فى الطـــوب .

وتخزن عينات الطوب ذو الفجوة الواحدة مغطاه بالخيش الرطب لمدة ٢٤ ساعة بعد ملء فجوتها ثم تغمر فى الماء لحين الاختبار اما الطوب ذو فجوتين أو أكثر فتملأ فجواته على مرحلتين بين كل منهما فترة لا تقل عـن ٥ ساعات ولا تزيد على ٢٤ ساعة من بدء المرحلة الأولى ثم يحفظ الطـوب ويغطى بالخيش الرطب لمدة ٢٤ ساعة بعد بدء المرحلة ثم يغمر فـى الماء لحين اجراء الاختبار عليـــه .

ويعتبر الطوب ذو الفجوات صالحا للاختبار بمجرد أن يثبت من اختبار مكعبات المونة ان مقاومتها للانضغاط لا تقل عن ٥٠ كجم / سم٢

ولا تزيد على ٤٠٠ كجم / سم٢ ويمكن استعمال مكعبات فردية لبيان ازدياد قـوة المونة اما الاختبار النهائى فيجب أن يجرى على ٣ مكعبات من كل خلطة من المونـة وتكون قوة المونة هى متوسط المكعبات الثـلاث •

خطـوات الاختبـار :

بعد تجهيز العينات حسب الاشتراطات السابقة يوضع الطوب بين لوحـين من الخشب ذى الثلاث رقات (ابلاكاج) سمك حوالى ٣ مم ويستخدم لذلك مكنـة انضغاط قياسية ميكانيكية أو هيدروليكية بشرط ان تركز أحد لوحى الضغط على قاعدة مصمته لضمان احداث ضغط محورى بمعدل منتظم قدرة ٣٥ كجـم / سم٢ فـى فى الدقيقة الواحدة حتى يحدث الكسـر •

النتـائج :

مقاومة الطوبة للضغط = الحمل الاقصى (كجم) / مساحة الطوبة (سم ٢) كجم / سم٢

ويكون المتوسط الحسابى لمقاومة الانضغاط فى الخسطوبات موضوع الاختبار هو مقاومة العينة للانضغاط على أن تحسب النتائج بالكيلو جرام على السنتيمتر المربـع •

* *

*

(٤) اختبار التزهير للطـــــوب

Determination of efflorescence
of bricks

الغـــرض من الاختبـــــار :

تحديد نسبة الأملاح الموجودة بالطوب وذلك بتحديد مدى ظهور الأملاح المعدنية (جيرية غالبا ً) على سطح الطوب بعد تشربه للمـاء ثم تجفيفـــه وتسمى هذه الظاهرة بالتزهير • ويجرى الاختبار على ٥ طوبات مؤخذ المتوسـط

خطـــوات الاختبـــار :

١ – توضع كل طوبة على جانبها فى حوض مسطح مناسب قليل العمق به ٣٠٠ سم٣ من الماء المقطر فى حجرة درجة حرارتها من ١٨ – ٣٠ °م جيدة التهوية •

٢ – اذا امتص الماء جميعه فى خلال ٢٤ ساعة يضاف ١٥٠ سم٣ من المـــاء المقطر وعندما يمتص الماء جميعه وتظهر الطوبة كأنها جافة تضاف كمية أخرى مماثلة من الماء فى الحوض ويسمح بفترة أخرى من الجفـــاف •

٣ – تختبر الطوبة لتحديد درجة التزهير ويوصف التزهير بدرجاته الاتيـــة :

تـزهير معدوم : اذا لم يشاهد تزهيـــرا •

تـزهير خفيف : اذا شوهدت رواسب ملحية خفيفة لا تزيد على ١٠ ٪ من

مساحة الطـــــوبـة .

تـزهير متوسـط : اذا شوهدت رواسب ملحية أكثر من الدرجة السابقة (خفيـــف) ولا تزيد على ٥٠٪ من مساحة الطوبة على ألا يصحب ذلك تفتت أو تقشـــير في الســـطح .

تزهـير ثقيـــل : اذا غطت الرواسب الملحية ٥٠ ٪ أو أكثر من سطح الطوبـــة دون أن يصحب ذلك تفتت أو تقشير للســـطح .

تزهـير ثقيل جدا : اذا ترسب الدلح بكثرة على سطح الطوبة وصحب ذلك تفتت أ و تقشير للسطح أو كلاهما مع ميل للزيادة كلما تكرر بلل العينـــة بالمـــاء .

الباب الخامس

الاخشاب

تعتبر الاخشاب من اقدم المواد المستخدمة فى اعمال المبانى ولازالت تستخدم على نطاق واسع فى الاعمال الانشائية والصناعية لما لها من مزايا يمكن تلخيصها فى الاتى :-

مزايا الاخشاب :

١ - يمكن الحصول على الاخشاب من المصادر الطبيعية لها : وهى الغابات بسهولة حيث ان هذه الغابات مستمرة مع الزمن والطبيعة .

٢ - سهولة تشغيل وتشكيل ووصل وتجميع الاخشاب .

٣ - لها خاصية العزل الحرارى والعزل الصوتى الجيد .

٤ - تتميز بخفة الوزن مع مقاومة مناسبة للاحمال .

٥ - تقوم المنشآت الخشبية بعملها بمتانه وكفاءة لمئات السنين اذا تمت المحافظة عليها وامكن وقايتها بالطرق المناسبة .

وعلى الرغم من هذه المزايا العديدة للاخشاب فهناك بعض عيوب لها كمادة انشائية يمكن تلخيصها فى الاتى :-

عيوب الأخشاب :

١ ـ القابلية للاحتراق

٢ ـ التسوس والتآكل والتحلل بفعل البكتريا والحشرات وظروف تغير الرطوبة •

٣ ـ التمدد والانكماش مع تغير الرطوبة الجوية •

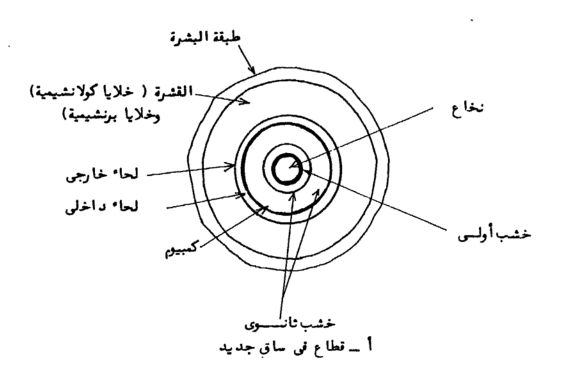
ويجب التقليل من أثر هذه العيوب وعلاجها كما سيأتى فيما بعد حتى تصير الأخشاب مادة انشائية جيدة •

نمو الأشجار وتكوين الأخشاب :

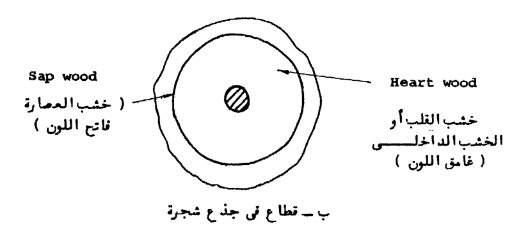
يتكون جسم النبات من ساق يحمل نموات جانبية والجذر وسنحاول هنا الحديث عن الساق ـ المصدر الرئيسى للخشب ـ

فالشكل (أ) يبين قطاع فى ساق حديث وهو يتكون من الخارج الى الداخل من الأجزاء الاتية :ـ

١ ـ طبقة البشرة   ٢ ـ طبقة القشرة •



أ ـ قطاع في ساق جديد



ب ـ قطاع في جذع شجرة

٣ ـ لحـاء خارجى outer bark

٤ ـ لحـاء داخلى inner bark

٥ ـ الكامبيــــوم ٦ ـ خشب ثانــوى

٧ ـ خشــب أولى ٨ ـ نخـــــاع

وينمو الساق نتيجة النمو وانقسام الخـلايا فى الاتجاه الطولى بالقـــرب من نقط النمو القمى كما ينمو الساق فى الاتجاه القطرى نتيجة انقسام خلايـــــا الكامبيوم الموجودة بين اللحاء والخشب ويسبب النمو القطرى اضافة حلقات تزيد مـن سمـك الجذع ويعبر عـدد هذه الحلقات عن عمر الشجرة حيث أن الحلقة تتكون فــى مدة عام واحد ولذلك تسمى بالحلقات السنوية (Annual rings)

والقطاع (ب) يبين قطاع بجذع شجرة ذو عمر طويل ويتميز بوجـــود جزء داخلى داكن اللون يسمى خشب القلب (Heart wood) وهو خشب صلد يحيط به خشب العصارة (Sap wood) وهو فاتـــح اللون وقليل الصلادة وموت الخلايا البرانشيمية فى خشب العصارة هو الدليل الوحيد لتحويلها الى خشب قـــلب .

المكونات الكيميائية الرئيسية للأخشــاب :

الخشب ليس مادة متجانسة فهناك تباين فى نسب محتوياته من السليولـــوز

واللجنين والمواد السكرية ، والجدول الاتى يبين اختلاف نسب المكونات الكيمائية من خشب الى آخر حسب ظروف النمو والتكوين ونوع الخشب •

هذا وهناك تباين ايضا فى النسب العامة للمكونات الكيمائية الموجودة فى الشجرة الواحدة من النخاع الى الخارج ومن أعلى الى أسفل •

نوع الخشب	السليولوز	اللجنين	المواد السكرية	البكتين والنشا وغيره
الزان Fagus	٤٥	٢٢	٢٩	٤
الحور Pupulus	٤٨	٢١	٢٧	٤
الصنوبر Pinus	٤١	٢٩	٢٧	٣
القيقب الأحمر Acer	٤٥	٢٤	٢٩	٢
الشوح Abies	٤٢	٢٩	٢٧	٢
الثويا Thija	٤١	٣١	٢٦	٢

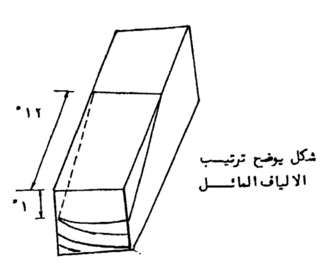
العيوب الطبيعية ونشأتها بالاخشاب :

١ - خشب الشد وخشب الانضغاط Tension and compression wood.

هناك نوع غير طبيعي من الأخشاب نشأ نتيجة ظروف نمو غير طبيعية بالأشجار تسبب انحناء الاشجار وميلها بشدة في اتجاه معين وينشأ عن ذلك تكون نسيج خشبي يكون معرض في الجزء الأعلى من الساق للشد ويسمى خشب الشد ويكون معرض في الجزء السفلي من الساق للضغط ويسمى خشب الانضغاط . واستعمال هذه الأخشاب في الصناعة غير مجزى فالالياف غير صالحة كالالياف الخام ولا الخشب يصلح لأن يستعمل في الأعمال الانشائية وذلك نتيجة لسلوكه الشاذ نحو مؤثرات الرطوبة والانكماش والانبعاج كما أن تركيبه الغير طبيعي يخلق مشاكل لاحد لها عند تجفيفه وتصنيعه

٢ - الترتيب المتقاطع للألياف : Cross grain

قد يختلف ترتيب الألياف بأى منطقة من الخشب عن الترتيب الطبيعي بصورة أو أخرى بحيث يصبح اتجاه الألياف متقاطع مع محور الخلية فيوصف الخشب بأن أليافه ذات ترتيب متقاطع cross grain وهو عيب في الأخشاب حيث يترتب عليه انخفاض في مقاومة stength الخشب . وقد يكون هذا الترتيب للالياف ترتيب حلزوني (Spiral) أو



شكل يوضح ترتيب الالياف المائل

مائل (Diagonal) أو متموج (Wavy) ويلزم استبعاد هذه الأخشاب من الاستعمال فى المنشئات .

ويمكن علاج تأثير ترتيب الألياف المائل بالاخشاب بقطعها فى اتجاه بحيث يسير اتجاه القطع مع الألياف المائلة .

٣ - التشققات الحلقية : Ring Shecks

يظهر فى بعض السيقان انفصالات حلقية تمتد طولها خلال نمو الأشجار نتيجة اجهادات النمو العديدة وقد تصاحب ظهور أخشاب الشد وهذه التشققات

الحلقية هى انهيارات بين الخلايا .

٤ - التشـققات القطريـة : Radial shecks

تصاحب أخشاب الشد فى بعض الأحيان تشققات قطرية وهى شروخ فى الاتجاه الطولى للجذع عمودية على الحلقات السنوية وتكون داخل الكتلة الخشبية أما اذا كانت هذه الشروخ ظاهرة من الخارج فتسمى شروخ شقية split وهذه الشروخ تسبب ضعف الخشب فى مقاومة القصر فى اتجاه الألياف .

٥ - العقـد الخشـبية : Knots

العقدة هى قاعدة فرع دفنت فى بقية جسم ساق الشجرة خلال نمو الفرع فان هناك نوعا من الاستمرار فى النمو حول الفرع المدفون بالساق ولكن مع مضى الوقت أو سقوط الفرع خلال عمليات النمو واستمرار النمو حول قاعدة الفرع فى ساق الشجرة فتظهر هناك فجوة فى النمو المستمر بالساق تمثلها هذه البقعة التى تمثلها قاعدة الفرع القديم ونتيجة لهذا يوجد نوع من العقد فى الرابط بين قاعدة الفرع الوتدية المدفونة بالساق وبين بقية النسيج الخشبى بالساق ينشأ عنه عقدة يتوقف حجمها على حجم الفرع. ووجود العقد يقلل من القيمة الاقتصادية للخشب . أما بالنسبة للاخشاب المستعملة فى الاغراض الانشائية فوجود العقد بها يسبب صعوبة تشكيل وتشغيل الخشب

وفى سهولة تقشره وفى ضعف مقاومته للأحمال كما أن وجود عقدة فى بحر (span) أى كمرة خشبية يقلل بشدة من مقاومتها للأحمال والعقدة ذات نفسها قوية متينة مشبعة بالصموغ وقد تنفصل عن الخشب خلال عمليات الانكماش اثناء التجفيف كما أن وجود المواد الصمغية بالعقد قد يجعل من الصعب تغطيتها بالطلاء .

تجفيف الاخشاب :

يجب تجفيف الأخشاب بالهواء أو بالافران لازالة الرطوبة العالية بالخشب فى محاولة لجعله فى رطوبة تماثل تلك التى سيكون عليها عند استخدامه فى المبانى أو الصناعات العديدة لمنتجات الأخشاب وذلك لتلافى فقد الرطوبة منه وبالتالى الانكماشات المتغيره والتى تحدث فى الاخشاب غير المجففة عند استخدامها فيما بعد بدون تجفيف . كما ان تجفيف الاخشاب يساعد على تحسين مقاومتها للأحمال وتحسين خواصها الميكانيكية ويزيد مقاومتها للتلف والفساد ويتم التجفيف باحدى الطرق الاتية :

١ - التجفيف الطبيعى : Natural Seasoning

ويتم التجفيف الطبيعى برص الالواح الرطبة مع ترك فواصل بين بعضها البعض تسمح بتخلل الهواء بسهولة خلالها ويكون ذلك تحت مظلة

فى الهواء الطلق لمنع تأثير تركيز حرارة الشمس على مناطق معينة من الخشب ومنع تأثير الامطار والمدة اللازمة لتجفيف الأخشاب تتوقف على مدى حرارة ورطوبة الجو وقد يمكن الوصل الى رطوبة ٢٠٪ للخشب فى مدة تتراوح بين ٤٠ الى ٩٠ يوما وقد تزيد عن ذلك فى بعض الاحيان ٠

ب ــ التجفيف الصناعى بالافران : Artificial Seasoning by Kilndrying

ترص الألواح الخشبية داخل الفرن وهو يتكون من حجرة أو أكثر يدفع فيها الهواء حول الاخشاب مع التحكم فى درجة حرارة ورطوبة هذا الهواء النسبية اما يدويا او ميكانيكيا بواسطة ترموستر خاص وتمتاز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بسرعة التجفيف ويمكن تقسيم افران التجفيف الى نوعين : النوع الاول : يسمى الفرن ذو المقصورة (Compartment) ويشحن الفرن بالأخشاب مره واحدة ثم يفرغ بعد التجفيف ٠ أما النوع الثانى : فيسمى بالفرن المتتالى (Progressive) وحولة الفرن عبارة عن مجموعة من العربات محملة باخشاب تتحرك فى اتجاه الباب الخلفى حيث تخرج واحدة بعد أخرى وعلى هذا يكون بالفرن عدة شحنات مختلفة الرطوبة فى نفس الوقت وعادة تتوزع آلات التجفيف بصورة مختلفة بحيث يكون هناك تركيزا كبيرا للحرارة عند الباب الخلفى حيث تخرج الشحنة المجففة منها عن الباب الذى يستقبل الشحنة الخضراء ( ) حيث تكون درجة الحرارة أقل ٠

وتكون دورة الهواء فى هذه الافران اما طبيعية أو مدفوعة بواسطة مراوح قوية

تدفع الهواء للحركة داخل الفرن ويتم دفع درجة حرارة الهواء بواسطة ملفات (Coils)
أما الهواء الساخن الرطب فيخرج من الفرن عن طريق فتحات للتهوية بأعلى الغرف .

جـ - التجفيف المشترك طبيعيا وصناعيا :

في هذه الطريقة يتم تجفيف الخشب مدة معينة في الهواء يعقبها مدة أخرى بالتجفيف الصناعي وهذه الطريقة تجمع ميزات الطريقتين السابقتين .

عيوب تجفيف الاخشاب :-

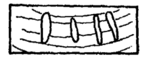
١ - جهود التجفيف بالاخشاب : Drying stresses in wood

تتعرض الاخشاب خلال عملية التجفيف الى مجموعة معقدة من الجهود الداخلية الناتجة من جفاف الطبقة الخارجية لقطعة الخشب قبل أن يجف قلب هذه القطعة ثم انكماش الطبقة الخارجية نتيجة لجفافها ومقاومة القلب الرطب لقطعة الخشب لمنع هذا الانكماش . وتتأثر هذه الجهود بدرجة كبيرة بالحرارة والرطوبة النسبية خلال التجفيف فاذا لم يحدث للخشب عملية تكييف فان الخشب يظهر به انفعال دائم .

٢ - انكماش غير طبيعي مصحوب بتشويه في تركيب الجدر الخلوية ويحدث عند استعمال درجة حرارة تجفيف عالية .

٣ - تشقق داخلي قطري : (Honeycombing)

كما هو مبين بالشكل نتيجة شد في اتجاه مماس للالياف .



٤ - تشـــققات ســـطحية : Surface checks

تحدث تشـققات ســطحية فى الأخشاب نتيجة جفاف سطح الخشــب بســرعـة نتيجة الانخفاض شديد فى الرطوبة النسبية المحيطة بـــه .

٥ - التشـققات الطرفيـــــة : End checks

وتحدث عـند نهايات الألواح المنشورة ويمكن تلافيها بمعاملة نهايات الألواح بدهانات من مواد شـمعية تقلل الفقد فى الرطوبـــــة .

٦ - الانهيـــار الحلقـــــى : Ripg Failur es

وهذا الانهيار يشابه التشقق الحلقى الذى يظهر فى الأشجار القائمـة وقد يحدث داخليا نتيجة لجهــود التجـفيف .

٧ - تشـــقق القـــلب : Boxed heart

وتظهر فى فترات التجفيف الأولى وسببــها الرئيسى فى الانكمـــــاش المـــاسى والقـــطرى .

٨ - الانبعـــــــاج : Warping

وينتج انبعاج الأخشاب أيضا نتيجة اختلاف الانكماش القطرى والانكماش المماسى أيضـــا .

ولتلافى العيوب الناتجة من تجفيف الأخشاب تم عمل جداول لأفران التجفيف تقوم بتنظيم درجة حرارة التجفيف مع الزمن على اساس المحتوى الرطوبى للخشب بحيث لا تسمح بظهور عيوب التجفيف المعترض عليها وتستخدم بنجاح فى الصناعة للانواع المختلفة من الأخشاب •

العوامل المتلفة للأخشاب :

تتعرض الأخشاب عقب قطعها وأثناء استعمالها لعدة عوامل تؤدى الى تلفها وتدميرها مثل الاصابة بالفطريات والاصابة بالحشرات والاصابة بالثاقبات البحرية (Marine borers) وفعل الحريق كما أن التآكل بالاحتكاك والعوامل الجوية تلعب دورا هاما فى أتلاف الأخشاب وقد يشترك عاملان أو أكثر فى اتلاف الخشب •

١ - الاصابة بالفطريات :

يمكن تقسيم الفطريات التى تصيب الأخشاب الى ثلاثة مجاميع حسب نوع التلف التى تحدثه بالخشب وطبيعة نموها به كالاتى :

أ - المجموعة المحللة للأخشاب : Wood decay fungi

تقوم هذه المجموعة بتفكيك جدر الخلايا ثم تغير الصفات الطبيعية والكيمائية

للخشب خلال عملية التحلل (Decay) أو العطب (Rot)
وينمو الفطر داخل الخشب خلال فتحات يحدثها بين الخلايا وهو يحتاج لغذاء ورطوبة مناسبة وهواء وحرارة وتنقسم هذه المجموعة الى ٣ أقسام :

أ - العطب البني للخشب : Brown rot fungi

يهاجم السليلوز اساسا وقد أثبت التحليل الكيمائى للأخشاب المصابة أن اللجنين بقى فيها بدون تغيير يذكر . واللون البني للخشب ناتج عن زيادة نسبة اللجنين فى بقايا الخشب المصاب .

- العطب الابيض للخشب : White rot fungi

يحلل العطب الأبيض اللجنين والمواد السكرية بالخشب ويحدث بالخشب جيوبا تعرف باسم (Pocket rots) تحتوى على الخشب المتحلل ولقد ثبت أن هذه المناطق المبيضة اللون بها نسبة لجنين منخفضة للغاية ومحتوى سليلوز عالى .

- العطب الطرى : Soft rot

العطب الطرى يهاجم الأخشاب المغمورة فى الماء ويكون تأثيرها سطحى والسطح الخارجى للخشب المصاب يكون هشا ويمكن أن يتساقط اذا -

كانت تيارات المياه حوله قوية وفى فترة الاصابة الأولية يكون هجوم الفطر على السليلوز بقلة جدا على اللجنين ومع تقدم الاصابة يحدث نقص قليل فى اللجنين

ب - المجموعة الملونة للأخشاب : Wood Staining Fungi

تتغذى انواعها على المنتجات العضوية سهلة الهضم فى الفراغات بين الخلايا ويسبب النوعين :
Certatostomella sp. & Graphium sp.

تغير لون الخشب ولا تقلل الاصابة بهذه المجموعة من الخواص الميكانيكية للأخشاب ماعدا المتانة .

جـ - مجموعة العفن :

الأنواع التابعة لها تتغذى على المنتجات الغذائية سهلة الهضم داخل الفراغات وينحصر تأثيرها على الخشب فى تغير لونه سطحها فقط وتحتاج لحرارة ملائمة ورطوبة زائدة .

٢ - الاصابة بالحشرات :

تصيب الحشرات الأشجار القائمة أو المقطوعة أو الأخشاب المجففة وغير المجففة .
أثناء تخزينها أو استعمالها ومن الصعب تجنب هذا التلف ومن امثلتها حفارات الاخشاب التى تقوم بعمل ثقوب بالخشب ومن امثلتها خنافس
Ambrosiabeetles

والنمل الابيض White ants وهذا الاخير يسبب خسائر حوالى ٤٠ مليون دولار سنويا فى أمريكا • ويمكن تقسيم النمل الابيض الى ثلاثة مجموعات

أ ـ مجموعة تصيب الانواع الارضية •

ب ـ مجموعة تصيب الاخشاب الرطبة •

جـ ـ مجموعة تصيب الاخشاب الجافة •

٣ ـ النخارات البحرية : Marine borers

وهى أنواع من المملكة الحيوانية تصيب الاخشاب المغمورة فى مياه البحر وقرب الشواطئ• وهى أكثر انتشارا فى المناطق الحارة وتنقسم الى :

ـ الحيوانات الرخوة . Moiiusk borers

مثل أنواع Teredo & Bankia وهى ذات شكل دودى تصل فى الطول الى ٣٠ سم وفى القطر حوالى ٥ ر٢ سم •

ـ الحيوانات القشرية erustacea

مثل Pyric action, Limnaroa & sphaeroma

٤ ـ الحريق :

ويسبب تلف كبير فى الغابات وخسائر سنوية تتوقف على مدى الاصابة ورطوبة الخشب ويمكن مقاومة الحريق باستعمال الكيماويات التى تعوق الاحتراق •

٥ ـ التآكل والعوامل الجوية : Mechanical wear

الخشب مادة هيجروسكوبية فاذا تعرضت الأخشاب الغير مدهونة للعوامل الجوية فان الخشب يمتص الرطوبة ويفقدها بسهولة فيتعرض الى دورات من الانتفاخ والانكماش تساعد على تدهور حالته •

الكيماويات المستعملة فى حفظ الأخشاب :

تستعمل مواد كيميائية للمحافظة على الأخشاب من التلف فتكسبها مناعة ضد الاصابة بالفطر أو الحشرات أو النخارات البحرية يوجب أن يتوافر فى هذه المواد الصفات العامة •

١ ـ سميتها للكائنات الحية التى تضر الخشب •

٢ ـ أن تكون ثابتة لا تتحلل بسهولة •

٣ ـ قادرة على تخلل الخشب •

٤ ـ سهلة التداول بأمان ولا تضر الخشب وغير مؤثرة على تآكل المعادن ولا تلون الخشب اذا تطلب استعماله ذلك •

وأنواع حافظات الأخشاب هى :

١ ـ المحاليل الزيتية :

مثل كريوزوت قار الفحم ومحاليل الكريوزوت مع الفحم أو البترول ويمتاز كريوزوت قار الفحم بشدة السمية وعدم ذوبانه نسبيا فى الماء وثباته.وعيوبه أن له رائحة

ويؤدى الاهمال فى استعماله الى حرق جلود العمال المشتغلين به وصعوبة دهان الأخشاب المعالجة .

٢ - المحاليل المائية للكيماويات السامة :

وهى تحتوى على الأملاح الآتية : الزنك ، الكروم ، النحاس ، الزرنيخ ، مثل كلوريد الزنك ، وزرنيخات النحاس الأمونية ومن امثلة هذه الكيماويات الحافظة Chlorinated naphthalenes, Nuphthenates, Pentachlorophenol.

ومن ميزات المحاليل المائية رخص الماء وسهولة الاستعمال وتستعمل الأخشاب فى المبانى والأثاث لانها لا تعطى للخشب لون غير مقبول ومن عيوبها تسبب أنبعاج الخشب المعالج وغير ثابتة نتيجة ذوبانها فى الماء فلا تستعمل لمعالجة الأخشاب التى تلاصق الأرض أو الرطوبة .

تحضير الخشب للمعاملة بالكيماويات :

يجب قبل اجراء معالجة للأخشاب حديثة القطع بالكيماويات تقشير الخشب ثم تجفيفه بالهواء لأن وجود رطوبة عالية قد يعوق دخول المواد الحافظة . وقد يتم التجفيف صناعيا بالتسخين ثم يخلخل الهواء فيفقد الخشب جزءا من الرطوبة ويستحسن اجراء المعالجة بعد تقطيع الأخشاب .

الطرق المستخدمة فى حفظ الأخشاب :

١ - الطرق العادية بدون ضغط صناعى :

أ - الرش والدهان : ويكون عمق الطبقة المعالجة $\frac{1}{16}$ من البوصة وتعطى حماية للخشب من ١ - ٣ سنة .

ب - الغمس : ويتم ذلك فى كريزوت قار الفحم الساخن لدرجة ٩٤ °م لمدة تتراوح بين عدة ثوانى الى ١٥ دقيقة ثم ترفع الأخشاب وتصفى ويصل عمق العلاج الى $\frac{1}{8}$ بوصة ويعطى حماية من ٢ - ٤ سنوات .

جـ - النقع : ويتم ذلك فى المحاليل الكيماوية لمدة تتراوح بين ١ - ٢ أسبوع ويعطى حماية تتراوح بين ٧ - ٨ سنوات اذا استعمل كلوريد الزنك .

د - الحمام الساخن والبارد : ويتم ذلك بتسخين الخشب المراد معالجته فى حوض مفتوح مملوء بكريزوت قار الفحم او غيره من الزيوت فيتمدد داخل الخشب ويخرج ثم تغمر الأخشاب بعد ذلك بسرعة فى حمام من الزيت البارد لمدة ساعات اخرى فينكمش الهواء داخل الخشب

وتدخل كمية مواد حافظـة له أكثر .

وهناك عدة طرق اخرى لمعالجة الأخشاب الخضراء وتتلخص جميعها فـى احاطـة الأخشاب بالكيماويات الحافظة بطريقة أو أخرى مثل التغطية بلفافـات مبتلة بالكيماويات أو للغمر فى حوض به الكيماويات أ و عمل ثقوب بالخشب وملئهـا بالكيماويات ... الخ . فتنشر المادة الكيميائية مع العصارة الموجودة داخـل الخشب الأخضر فتقتل الفطر والحشرات الضـارة بالخشـب .

٢ - الطرق المستعملة فى حفظ الاخشاب مع استعمال ضغط صناعـى

وهى اكثر الطرق استعمالا وشيوعا فى الوقت الحاضر وتمتاز بوصـول المادة الكيميائية الحافظة الى اعاق كبيرة وبطريقة اكثر انتظاما كما ان الخشـب يمتص كميات كبيرة من المادة الحافظة . اما عيوبها فتنحصر فى كثرة التكاليـف والأجهـزة .

معوقـات احـتراق الخشـب : Fire retardants

تستعمل عدة مجاميع من المواد الكيميائية كمعوقات لاحتراق الخشـب فهى تقلل التهاب واحتراق الأخشاب وبعض نظريات معوقـات الاحتراق يمكـن تلخيصهـا فى الاتـى :

أ - استعمال طلاء او غطاء يمنع اشتعال السطح الخارجى للخشب الملامـس للاكسجـين .

ب - الدهان بمواد العزل الحرارى أو امتصاص الحرارة مثل البوركس (Borax) حيث انه يفقد جزيئات ماء التبلور عند ٢٠٠°م فيمتص الحرارة ويقلل من درجة حرارة السطح الخشبى المعرض للحريق .

جـ - استخدام مواد تغير اطوار التحلل الحرارى وهذا مالا تحاوله اى من النظريات السابقة التى تحول دون الاحتراق فقط .

وعموما فان نظريات معوقات الاحتراق سالفة الذكر وغيرها لا تزال نظرية ينقصها البحث العلمى والتطبيق العملى .

تصنيع الاخشاب :

تعددت استعمالات الاخشاب فى الصناعة تلك المادة التى لا ينضب معينها فى الطبيعة ولهذا كان من الضرورى ان يشير الجزء الاتى من تكنولوجيا الاخشاب وتطبيقاتها الميدانية فى الصناعة مع التفريق بين المنتجات التى تستخدم الاخشاب كما هى أو بعد تحويلها آليا وبين الصناعات التى تحول الاخشاب كيمائيا لتعطى نواتج كيميائية لعمليات انتاج عجينة الورق أو انتاج المشتقات السليولوزية وبين الصناعات التى تغير من صفات الأخشاب تكنولوجيا كتثبيت الأخشاب تجاه تغير الرطوبة وصناعة أخشاب البلاستيك وغيرها .

المنتجات الخشبية :

١ - الاخشاب المستديرة : Round timber

وهى الأخشاب التى تستخدم فى الاعمدة وكأعمدة اسلاك التليفونات وتنتج من الأشجار بعد اسقاطها وازالة القلف منها لتسهيل تجفيفها • وبعد تجفيفها تعامل بالكيماويات الحافظة •

٢ - صناعة الأخشاب المنشورة : Lumber industry

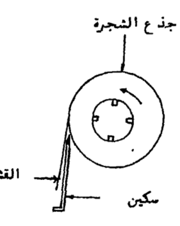
تعتبر هذه الصناعة من اهم صناعات الأخشاب • وتقسم عادة الاخشاب المصنوعة نباتيا الى اخشاب صلدة (Hard Wood) ناتجة من الأخشاب ذات الورق العريض وأخشاب لينة (Soft Wood) ناتجة من اخشاب المخروطيات • وتتم صناعة الاخشاب المنشورة بتحويل جذوع الاشجار الى الواح بعد ازالة القلف منها ثم تتم تسوية الالواح وتعطى ابعادها المحددة ثم تقطع بالطول المناسب وتزال العيوب منها • ويعقب ذلك عملية التجفيف بالافران أو هوائيا ثم تأتى عملية تسوية سطوح الالواح بواسطة مناشير التخانة وتقسيم الأخشاب المنشورة الى درجات مختلفة تحدد على اساس السطح الخالى من العيوب وعلى اساس مقاسات الخشب وتستخدم الأخشاب الصلدة لاغراض البناء والاعمال الانشائية وهى الاخشاب ذات السمك اقل من ٥ بوصات •

٣ - أخشاب القشرة والابلكاج : Veneers and plywood

وهى عبارة عن رقائق رفيعة من الخشب ذات سمك منتظم يحصل عليها من عملية تقشير (peeling) أو تجزئ (Slicing) أو نشر للجذوع والكتل الخشبية ويمكن تجهيز الرقائق الخشبية أو القشرة باحدى الطرق الاتية :

أ - القشرة المقطوعة دائريا : Rotary _ cut veneer

تقشر جذوع الأشجار بعد ازالة القلف بواسطة اسلحة مناشير خاصة (Lathe) وتعطى وضعا مماسا للالياف وتتلخص العملية فى ادارة جذع الشجرة حول محور أمام سلاح يمتد بطول الكتلة المقشورة مع قيام جزء من ماكينة التقشير (قضيب الضغط) (Pressure bar) بالضغط على الكتلة فوق طرف سكين وبادارة جذع الشجرة حول محوره تبدأ القشرة فى الظهور . وبعض انواع الخشب يجب تعرضها لعملية تبخير (steaming) قبل القطع فالحرارة العالية والرطوبة العالية تغير من صفات الخشب الطبيعية وتجعله أكثر مرونة تقلل من تعرضه للكسر



والانهيار . ويجب أن تكون القشرة ذات سمك منتظم وسطح ناعم خالى من العيوب والتشققات .

ب - القشرة بالقطع المخروطى : Cone cutting

وهو انتاج القشرة بطريقة تشابه برية القلم الرصاص فنحصل على قطع دائرية من القشرة عالية القيمة تصلح للبانوهات والموائد المستديرة .

بعد الحصول على شريط القشرة تقطع الى أحجام محددة وتزال منها العيوب والعقد وتجفف هوائيا او بالأفران لازالة الرطوبة العالية الموجود فيها عند انتاجها ومجففات القشرة عبارة عن غرف مزودة بمعدات التسخين وأحزمة ناقلة لتحمل القشرة لتمر داخل المجفف . أوعبارة عن غرف مزودة بعدة طبقات من الأرفف توضع على سطحها العلوى القشرة ثم تضغط كل الارفف فوق بعضها اثناء التجفيف لمنع القشرة من الانبعاج نتيجة الانكماش عند التجفيف وتظل مسطحة وتفتح الألواح المكونة للأرفف على فترات لتسهيل خروج الرطوبة بالقشرة أثناء التجفيف .

صناعة الأبلكاج : Plywood industry

يصنع الأبلكاج بلصق طبقات من الرقائق الخشبية فوق بعضها بحيث يكون اتجاه الألياف فى احداهما عكس الطبقة التى تليها وهذا يعطى للأبلكاج

ميزة ثباته تجاه مؤثرات الرطوبة واعداده بحيث يعطى متانة عالية ومظهـــــرا أفضل • وأبسط انواع الابلكاج هو ذى الثلاث طبقات والطبقة الوسطى القلـــب قد يكون من الخشب الحبيبى فتسمى (core) وقد تكون من القشـــرة أيضا فتسمى (center ply) ويجب تجفيف ألواح القشرة الـــتى ستكون وجهى لوح الابلكاج للدرجة المطلوبة • ثم تسوية حواف الرقائق ثم تحضـــير الواح القلب وبعد نشر الغراء عليها تدفع مع الواح وجهى الابلكا ج الى المكبـــس لاتمام عملية اللصق • وتستعمل اللواصق الراتنجية فى الصناعة وتنقسم الـــى النوعـين الاتـــين :

أ — thermosetting وهى التى تتصلب وتكون فيلم صلب قوى تحـــت ظروف الحرارة والضغط العالى وبمجرد تصلبها لا تلين ثانية بالحرارة ومـــن أمثلتها فينول فورمالد هيد :

- Phenol - formalidehyde

وهو يعطى رابطة قوية فى خلط الغراء وقد يستعمل فى مذيبات للتجفيـــف — ويوريا فورمالد هيد Urea - formalidehyde وهو يعطى خط غـــراء عديم اللون ويتصلب عند درجات حرارة منخفضة •

ب — thermolastic وهى تظل بدون تصلب حتى تبرد وبعد التصلب فانها تلين ثانية عند اعادة التسخين وبعد التبريد تتصلب مرة أخرى أكثـــر

وهى لا تحتاج لكبس حرارى لانتاج الواح الابلكاج ٠

ويجب مراعاة الوقت الذى يمر ما بين فرد الغراء على الرقائق الخشبية وبين كبسها حتى يكون تماسك الألواح تام وهذا الوقت دالة لدرجة الحرارة ونوع المادة اللاصقة ٠ وتوضع الألواح وبينها الغراء تحت مكابس هيدروليكية تعطى ضغط بين ١٥٠ ــ ٢٥٠ رطل على البوصة المربعة ويتراوح زمن الكبس من ١ ــ ٣٠ دقيقة حسب سمك الالواح الناتجة وتستخدم حرارة حوالى ٢٣٠ ــ ٣٥٠ °ف

وفى بعض الأحيان تصنع أخشاب كثيفة (High-density wood) بضغط الرقائق الخشبية براتنجات خاصة مع استخدام ضغط ٢٠٠٠ رطل على البوصة المربعة ومن أمثلتها أخشاب الكمبرج (compreg) ٠

وتعتبر هذه الطريقة احدى طرق معاملة الأخشاب لتثبيتها تجاه تغيرات الرطوبة وأعطائها متانة عالية للغاية فيما عدا مقاومة الصدم ٠

٤ ــ خشب الألواح المركبة : Composition board

تعتمد صناعة أخشاب الألواح المركبة على الخشب كمادة خام وذلك باستعمال متبقيات الصناعات الخشبية وتنقسم منتجات الألواح المركبة الى الخشب الليفى (Fiber board) وفيه يفتت الخشب الى ألياف ثم تجمع هذه الألياف وتكبس تحت تأثير الحرارة لتعطى الألواح الصلبة المطلوبة وقد تتم هذه العملية بدون ضغط ٠ أما الخشب الحبيبى

فيصنع من جزيئات منفصلة من الخشب أو متبقيات صناعات خشبية أخرى لا تصلح للانتاج الخشبى الصناعى الا فى حالة كهذه أو استخدامها كمصدر لعجينة الورق ثم تلصق معا عن طريق الراتنجات الخشبية ٠

صناعة الخشب الليفى : Fiber board

تنقسم الأخشاب الليفية الى الواح عازلة (insulation) وألواح مضغوطة (Hard board) والالواح العازلة ذات كثافة لا تزيد عن ٢٥ رطل / قدم مكعب وتتميز بأنها عازلة للحرارة والصوت وتصنع المادة الخام لهذه الألواح بالطحن الميكانيكى للبقايا الخشبية بعد المعاملة بالبخار أو النقع فى الماء ويمكن خلط العجينة ببعض البقايا النباتية السليولوزية أو الورق للحصول على الصفات الملائمة ثم تنقى العجينة ويضاف لها مواد ضد الماء (proofing) ثم يدفع تيار العجينة السائل فوق شبكة لصرف الماء ثم تدفع الكتلة لتمر بين اسطوانتين لتعطيها قواما أفضل وتضغطها ثم تقطع وتجفف للحصول على الألواح القوية ٠

أما الألواح المضغوطة فهى أكثر كثافة حيث أنها تصل الى ٥٠ ـ ٧٥ رطل / قدم مكعب وتستخدم لتغطية الحوائط وتصنع بتحويل المادة الخشبية الى ألياف عن طريق تسخينها لفترة بالبخار تحت ضغط ١٥٠ رطل / بوصة مربعة ودرجة حرارة ١٥٠ ـ ١٨٠ °م ثم تنقى العجينة من الشوائب ويضاف اليها مواد ضد الماء proofing ثم تضغط نسبيا وتدخل المكبس وبها حوالى ٦٠ ٪ رطوبة وتستخدم فى المكبس

حرارة تتراوح بين ١٢٠ — ١٥٠ °م وضغط يصل الى ٧٠٠ رطل / بوصة مربعة وتوضع العجينة على شبكات للتخلص من الماء وقد يضاف اليها ٢٪٠ فينول فورمالد هيد لزيادة متانة الألواح الصلبة الناتجة • ويجب عمل تهوية حول حول الألواح والا تعرضت لخطر الحرارة المرتفعة واحداث حريق •

صناعة الخشب الحبيبى : Particle board

يصنع الخشب الحبيبى من جزيئات خشبية أو بقايا الصناعات الخشبية وقد تستخدم ماكينات خاصة لتجزىء الخشب الى قطع خشبية ثم تجفف الحبيبات الخشبية فى مجففات خاصة لتصير درجة رطوبتها بين ٥ — ١٢ ٪ ثم يضاف اليها راتنجات اليوريا فورمالدهيد أو الفينول فورمالد هيد والراتنجات الأخيرة تمتاز بثباتها تجاه التحلل الحيوى • ويجب أن تغطى الراتنجات المضافة كل الجزيئات الخشبية حتى نحصل على قوة لصق عالية • وبعد الحصول على لوح حبيبى متجانس بقدر الامكان وهو غالبا يتكون من ٣ طبقات طبقة وسطى خشنة وطبقتين جانبيتين ذو جزيئات خشبية منتظمة لحد ما — يتم كبس اللوح اما بالضغط المسطح (Flat Pressing) أو بالكبس الرأسى (Extrusion) وفى الطريقة الاولى تستخدم افران ذات أرفف حيث يتم الكبس على درجة ١٠٠ — ١٠٤ °م فى حالة استعمال راتنجات اليوريافورمالد هيد • اما فى الطريقة الثانية فتدفع الجزيئات الخشبية وهى مغطاه بالراتنجات خلال فورمة حيث يوجه الضغط فى اتجاه طول اللوح والأخشاب المنتجة بطريقة الضغط المسطح ذات خواص ميكانيكية أفضل من تلك المنتجة بطريقة الكبس •

طرق اختبار الأخشاب م٠ق٠م٠ ١٩٦٥/٦٥

(١) اختبار محتوى الرطوبة

Determination of

moisture content.

الغرض من الاختبار :

تحديد محتوى الرطوبة بالخشب ٠

خطوات الاختبار :

١ ــ تقطع قطعة صغيرة من الخشب من عينة الاختبار بعد اجراء أى اختبار ميكانيكى عليها مباشرة وتكون العينة على هيئة شريحة مستعرضة بسمك حوالى ٢٫٥ سم بالقرب من منطقة الكسر ٠

٢ ــ توزن العينة وليكن وزنها (و) ثم تجفف فى فرن درجة حرارته ١٠٠ °م الى ١٠٥ °م حيث يثبت الوزن وليكن (و ١) ٠

النتائج :

تحسب النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة من العلاقة الاتية :

النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة =

$$\frac{\text{الوزن قبل التجفيف ـ الوزن بعد التجفيف}}{\text{الوزن بعد التجفيف}} \times ١٠٠$$

$$\therefore \quad م = \frac{و - و١}{و١} \times ١٠٠$$

(٢) اختبار مقاومة الانضغاط للخشب

Compreseive strength
for timber.

الغــــــرض من الاختبـــــار :

تعيين مقاومة الانضغاط للأخشاب فى الاتجاه الموازى لترتيب الألـيـــــاف والاتجاه العمـودى عـلى ترتيب الالياف كما مبين بالشكل رقـــم (١) .

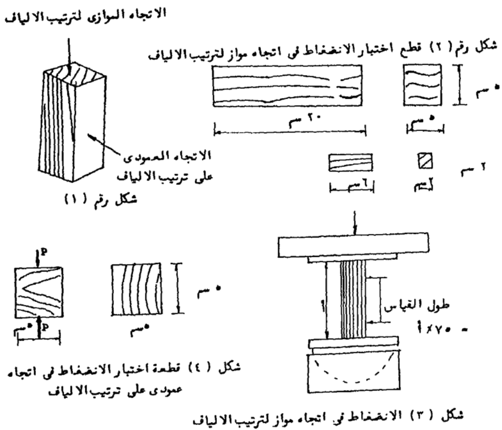
أ ــ مقاومة الانضغاط فى اتجاه مواز لترتيب الألـيـــــاف :

عينـــــة الاختبـــــار :

يكون شكل وأبعاد وقطع الاختبار القياسية اما ذات مقطـــــــــــع ٥ x ٥ سـم وبطـول ٢٠ سم أو ذات مقطع ٢ x ٢ سم وبطول ٦ سـم كما هو فى الشكل رقـم (٢) .

خطـــــوات الاختبـــــار :

١ ــ تجرى الاختبارات على أى من هاتين العينتين القياسيتين بالطريقة الموضحـة بشكل رقـــم (٣) .



شكل رقم (١)

شكل رقم (٢) قطع اختبار الانضغاط فى اتجاه مواز لترتيب الالياف

شكل (٤) قطعة اختبار الانضغاط فى اتجاه عمودى على ترتيب الالياف

شكل (٣) الانضغاط فى اتجاه مواز لترتيب الالياف

٢ — يكون التحميل على قطعة الاختبار بحيث يكون معدل التشكيل (الانضغاط) ثابتا قيمته ٠٦٣٥ر٠ سم / الدقيقة ± ٢٠ ٪ والدقة فى قياس ابعاد عينات الاختبار لا تقل عن ٣ر٠ ٪ .

ملحوظـــــة :

يجب أن تكون نهايتا قطعة الاختبار ناعمة ومتوازية وعمودية على المحور كما يكون تركيب مكنات الاختبار بحيث يضمن توازى لوحى فكى التحميل اللذين توضع بينهما قطع الاختبار ويظلا متوازيين والى فترة الاختبار واذا لم تتخذ هذه الاحتياطات تكون القيمة الناتجة من الاختبارات أقل من القيم الحقيقيـــة .

النتـــائج :

بفرض أن أبعاد عينة الاختبـــار :

م = مساحة المقطع المربـــع .

ل = طول القياس بالسنتيمتر مقاسا بين نقطتى مقياس الاستطالـــة (يجب الا يزيد طول القياس عن ١٥ سم لقطعة الاختبار التى طولها ٢٠ سم ولا يزيد عن ٤ سم لقطعة الاختبار الـــتى طولهـــا ٦ سم) .

تؤخذ قراءات منحنيات الحمل والتشكل على الجزء الأوسط لطول القياس ويجب أن يستمر تسجيل قراءات الحمل والتشكل لمقادير تكفل تجاوز قيم حد التناسب بدرجة ملائمة .

و = الحمل بالكيلو جرام عند حد التناسب .

و ١ = حمل الكسر بالكيلو جرام .

Δ ل = التشكل بالسنتيمتر عند حد التناسب .

∴ اجهاد الانضغاط عند حد التناسب = $\frac{و}{م}$ كجم / سم ٢

مقاومة الكسر عند اقصى حمل = $\frac{و ١}{م}$ كجم / سم ٢

معاير المرونة E = $\frac{و \cdot ل}{م \cdot \Delta ل}$ كجم / سم ٢

ب - مقاومة الانضغاط فى اتجاه عمودى على ترتيب الألياف :

عينة الاختبار :

يكون شكل وأبعاد قطع الاختبار مكعب طول ضلعة ٥ سم كما بالشكل رقم (٤) .

خطـــوات الاختبـــــار :

يجرى الاختبار على العينة السابقة بطريقة مماثلة لطريقة اجراء اختبـــار مقاومة الانضغاط فى اتجاه مواز لترتيب الألياف ويجب اجراء هذا الاختبار فى كـــل من الاتجاهين القطرى والمماسى ويكون التحميل على قطعة الاختبار بحيث يكـــون معدل التشكل ثابتا وقيمته ٠٦٣٥ر٠ سم / الدقيقة ± ٢٠٪) وتكون الدقة فـــى قياس أبعاد عينات الاختبار لا تقل عن ٣ر٠ ٪ ٠

ويجب أن تكون نهايتا قطعة الاختبار ناعمة ومتوازية وعمودية علـــى المحور كما يكون تركيب مكنات الاختبار بحيث يضمن توازى لوحى فكى التحميل اللذين توضع بينهما قطع الاختبار ويظلا متوازيين طوال فترة الاختبـــــار ٠

النتـــــــائج : يستنتج من منحنى الحمل والتشكل ما يلـــــى :

و = الحمل بالكيلو جرام عند حد التناســب ٠

و ١ = الحمل بالكيلو جرام عند انضغاط قيمته ٢٥ر٠ ســـم ٠

و ٢ = أقصى حمل بالكيلو جرام فى حالة الكسر قبل الوصــول الى تشكل قيمتـه ٢٥ر٠ ســم ٠

الخطـــــوات الميكانيكيــة الواجب حسابها :

أجهـاد الانضغاط عند حد التناسب = $\frac{و}{م}$ كجم / ســم ٢

اجهـاد الانضغاط عند تشكل قيمته ٢٥ر٠ سم (انفعال قيمتــــه ٠٥ ٠ر٠ = $\frac{و_1}{م}$ كجم / ســم ٢

مقاومة الكسر عند أقصى حمل = $\frac{و_2}{م}$ كجم / سم٢

حيث م = مساحة المقطع العمودى على اتجاه الحمــــل بالسنتيمتر المربـــع ٠

(٣) اختبار مقاومة الشد للخشب

Determination of tensile strength of timber.

الغرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الشد فى الاتجاه الموازى لترتيب الألياف ، والاتجاه العمودى على ترتيب الألياف .

أ - مقاومة الشد فى اتجاه مواز لترتيب الألياف :

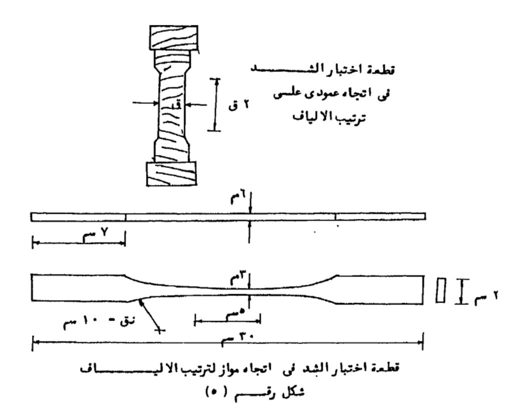
عينة الاختبار :

يوضح الشكل رقم (٥) شكل وأبعاد قطعة الاختبار المستخدمة لتعيين مقاومة الشد فى اتجاه مواز لترتيب الألياف .

خطوات الاختبار :

١ - توضع قطعة الاختبار بحيث يكون اتجاه حلقات النمو السنوية على أكبر مساحة مقطع للعينة وتقاس الأبعاد الفعلية لأصغر مقطع بها .

٢ - يسلط الحمل على نهايتى قطعة الاختبار بواسطة كلابات مسننة تدفع فى خشب العينة قبل بداية الاختبار .



قطعة اختبار الشد فى اتجاه مواز لترتيب الاليـــــاف

شكل رقـــم (٥)

٣ — تؤخذ القراءات اللازمة لعمل منحنيات الحمل والاستطالة على أساس طول قياسى يساوى ٥ سم فى الجزء الأوسط من العينة عند اللزوم •

٤ — يسلط الحمل على قطعة الاختبار بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ١٫٢٥ سم / الدقيقة •

النتائج :

بفرض أن :

م = أقل مساحة مقطع للطول المختبر بالسنتيمتر المربع •

ل = طول القياس بالسنتيمتر بين نقطتى مقياس الاستطالة

ويستنتج من منحنى الحمل والاستطالة ما يلى :

و = الحمل بالكيلو جرام عند حد التناسب •

و ١ = أقصى حمل بالكيلو جرام •

ل = الاستطالة بالسنتيمتر عند حد التناسب •

فتكون الخواص الواجب حسابها كالاتى :

أجهاد الشد عند حد التناسب = $\frac{\text{و}}{\text{م}}$ كجم / سم ٢

اجهاد الشد عند اقصى حمل = $\frac{\text{و}_{1}}{\text{م}}$ كجم / سم ٢

معاير المرونة = $\frac{\text{و} \cdot \text{ل}}{\text{م} \cdot \Delta \text{ل}}$

ب - مقاومة الشد فى اتجاه عمودى على ترتيب الألياف :

عينة الاختبار :

تكون أبعاد وشكل قطعة الاختبار كما فى الشكل رقم (٥) .

خطوات الاختبار :

يكون التحميل بواسطة كلابات من جزئيين مع أخذ الاحتياطات المناسبة لضمان محورية التحميل . ويسلط الحمل على قطعة الاختبار بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل قيمته ٠ر٢٥ مم / الدقيقة .

النتائج :

يجب أن يبين اتجاه حمل الشد المسلط اذا كان قطريا أو مماسيا .

م = مساحة مقطع قطعة الاختبار بالسنتيمتر .

و = أقصى حمل بالكيلو جرام .

الخواص الواجب حسابها :

أجهاد الشد قطريا أو مماسيا = $\frac{و}{م}$ كجم / سم٢

(٤) اختبار مقاومة الانحناء الاستاتيكي للخشب :

Static bending strength for timber.

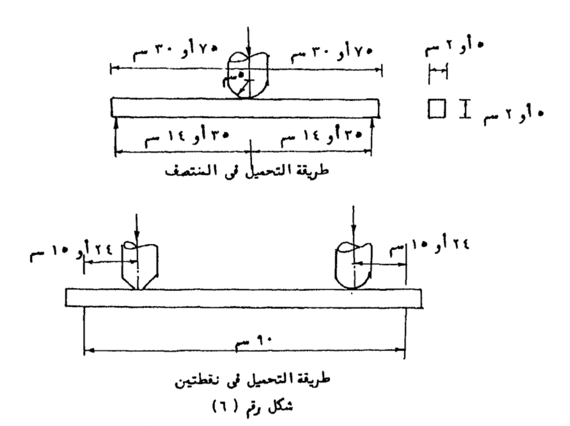
يجرى الاختبـار الاستاتيكي اما بطريقة التحميل فى المنتصف أو بطريقـة التحميل فى نقطتين كما هو مبين بالشكل رقم (٦) .

وعند اجراء الاختبارات القياسية بصفة عامة على الاخشاب لمقارنـة الفصائل المختلفة منها فان طريقة التحميل فى المنتصف تكون ذات دقة كافيـة . وعند الحاجة الى تعيين معاير المرونة بدقة أكثر كما هو الحال على سبيل المثال عند حساب بعض الاجهادات) .

فيجب باستخدام طريقة التحميل فى نقطتين وتعرض الكمرة فى هذه الطريقة الى عزم انحناء ثابت على جزء ملموس من طولها ويمكن حساب معاير المرونـة دون الحاجة الى أى سماح نتيجة لسهم الانحناء الناتج عن القص والذى يحدث على امتداد الطول الكلى للكمرة التى تحمل فى المنتصف .

عينة الاختبـار :

١ - تكون أبعاد عينة الاختبار فى طريقة التحميل فى المنتصف ٥ سم × ٥سم × ٧٥سم أو ٢ سم × ٢ سم × ٣٠ سم .



طريقة التحميل فى المنتصف

طريقة التحميل فى نقطتين

شكل رقم (٦)

٢ - تكون أبعاد عينة الاختبار في طريقة التحميل في نقطتين ٥ سم × ٥ سم × ١٠٠ سم . وفي حالة الأخشاب التي تكون أليافها أكثر تقاربا يمكن استخدام قطعة أخشاب عرضها ٢٫٥ سم بدلا من القطعة القياسية ذات طول ضلع القطاع ٥ سم عند اجراء اختبارها بطريقة التحميل في نقطتين .

خطوات الاختبار :

يكون عمق الكمرة بالنسبة للقطعة القياسية ٥ سم مواز للوجه القطرى لقطعة الاختبار ويكون اتجاه حلقات النمو السنوية في حالة عينة الاختبار القياسية ٢ سم مواز لاتجاه التحميل وتكون المسافة بين نقطتي الارتكاز لقطعة الاختبار عند اتباع طريقة التحميل في المنتصف ٧٠ سم أو ٢٨ سم وفقا لقطعة الاختبار القياسية المستعملة ويسلط الحمل كما في الشكل رقم (٦) بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ٢٥ر٠ سم/ الدقيقة على قطعة الاختبار القياسية ٥ سم أما في حالة قطعة الاختبار القياسية ٢ سم يكون هذا المعدل ٠٦٥ر٠ سم / الدقيقة ويكون شكل دوران رأس التحميل كما في الشكل رقم (٦) للقطعة القياسية ٥ سم ويكون بنفس الشكل للقطعة القياسية ٢سم (ولكن نصف القطر ٣ سم)

وتكون المسافة بين نقطتي الارتكاز بالنسبة لطريقة التحميل في نقطتين ٩٠ سم كما تكون المسافة بين نقطتي تسليط الحمل والركائز بالشكل رقم (٦) ١٥ سم ويسلط

الحمل بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ٣٥ر٠ سم / الدقيقة .

ويجب أن ترتكز قطع الاختبار عند نهايتها بطريقة تضمن تمام حريتها لتتبع فعل الانحناء دون أى تقييد بنتيجة الاحتكاك الذى قد يقاوم الانحناء ويعمل على خلق اجهادات فى الاتجاه الطولى . ويجب أن يقاس سهم الانحناء عند منتصف الطول بالنسبة للنقط الخارجية للتحميل فى طريقة التحميل فى المنتصف وبالنسبة لنهايتى طول القياس فى طريقة التحميل فى نقطتين .

النتائج :

أبعاد قطعة الاختبار :

أ = العرض بالسنتيمتر .

ب = العمق بالسنتيمتر .

ل = طول القياس بالسنتيمتر (الطريقة الثانية) .

ل ١ = البعد بين نقطة تأثير الحمل والركيزة = ١٥ سم (الطريقة الثانية) .

ل٢ = بحر الكمرة = ٧٠ سم أو ٢٨ سم (الطريقة الاولى) .

ومن منحنى الحمل وسهم الانحناء نحصل على الآتى :

و ١ = أقصى حمل بالكيلو جرام .

و ٢ = الحمل عند حد التناسب بالكيلو جرام

ﮨ = سهم الانحناء عند منتصف البحر مقدارا بالسنتيمترات عند حد التناسب .

م ١ = المساحة تحت منحنى الحمل وسهم الانحناء حتى حد التناسب مقدرة بالكيلو جرام / سم .

م ٢ = المساحة تحت منحنى الحمل وسهم الانحناء حتى اقصى حمل مقدرا بالكيلو جرام / سم .

ى = معاير مرونة الخشب .

ملحوظة :

يحسب معاير المرونة فى الطريقة الثانية تقريبا باعتبار الكمرة عليها عزم انحناء ثابت على طول بحر = طول القياس ل .

الخـــــواص الواجب حسابها فى الجدول الاتـــــى

رقم مسلسل	الخاصيـــــــــة	الطريقة الاولى	الطريقة الثانيـة
١	الاجهاد فى الألياف كجم / ســم٢ عند حـد التناســب	$\frac{\text{٣و٢ ٠ ل٢}}{\text{٢ ل ٠ ب}^{\text{٢}}\text{ ٢}}$	$\frac{\text{٣و٢ ٠ ل١}}{\text{أ ٠ ب}^{\text{٢}}\text{ ٢}}$
٢	الاجهاد المكافىء فى الالـيـــاف (كجم /سم٢) عند أقصى حمـل	$\frac{\text{٣و١ ٠ ل٢}}{\text{٢ أ ٠ ب}^{\text{٢}}}$	$\frac{\text{٣و١ ٠ ل١}}{\text{أ ٠ ب}^{\text{٢}}}$
٣	اجهـاد القص الافقــــــى (كجم / سم٢) عنـد حمل حـد التناســـــب	$\frac{\text{٣و٢}}{\text{٤ أ ٠ ب}}$	عند المنتصف = صفر عند النهايات = $\frac{\text{٣و٢}}{\text{٤ أ ٠ ب}}$

تابع الجدول السابق

٤	معاير المرونة كجم / سم^٢	(و ٢ ٠ ل^٣ ٢) / (٤ أ ب^٣ ٣)	(٣ و ٢ ٠ ل ١ ل^٢ ٢) / (٤ أ ب^٣)
٥	اجهاد القص الافقى (كجم/سم^٢) عند مستوى التعادل عند اقصى حمل	(٣ و ١) / (٤ أ ٠ ب)	عند المنتصف = صفر عند النهايات = (٣ و ١) / (٤ أ ٠ ب)
٦	الشغل المبذول (كجم / سم / سم^٣ حتى حمل حد التناسب)	(م ١) / (أ ٠ ب ٠ ل ٢)	(م ١) / (أ ٠ ب ٠ ل)
٧	الشغل المبذول (كجم سم / سم^٣) عند أقصى حمل	(م ٢) / (أ ٠ ب ٠ ل ٢)	لا يحسب

(٥) اختبار صلادة العلامة بطريقة جانكــــا

Janka indentation test

عـــينة الاختبـــــــار :

يستخدم فى اختبار صلادة العلامة بطريقة جانكا اما قطعة الاختبــــــــار القياسية ٥ سم اوالتى تكون أبعادها ٥ سم × ٥ سم × ١٥ سم وتقطع قطريـــا ومماســــيا . أو تستخدم قطعة الاختبار القياسية ٢ سم والتى تكون أبعادهـــا ٢ سم × ٢ سم × ٦ ســم .

خطـــــوات الاختبـــــار :

١ - يقتضى الاختبار تحديد الحمل اللازم لدفع قضيب من الصلب نهايته على شكل نصف كرة . قطرها ١١,٤ + ٠,٠٥ مم أو بدفع كرة من الصلب لها نفس القطر داخل قطعــــــة الاختبار الى عمق يساوى ٥,٧ مم .

٢ - والشكل رقم (٧) يبين الجهاز المستخدم لاجراء الاختبار وبه اداة لبيان عمق الاثر .

أداة بيان عمق الأثر

اختبار صلادة العلامة بطريقة جانكــــا

شكل رقـــم (٧)

ويستعمل نفس الجهاز عند استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم والتى يجب أن تثبت بين قطع من نفس فصيلة العينة المختبرة لزيادة المسافة وتكوين كتلة مع القطعة المختبرة مسطحها حوالى ١٢ سم٢ ويكون معدل اختراق اداة الصلادة لكل من العينتين القياسيتين ٥ سم ، ٢ سم ثابتا ومقداره ٥ر٦ م / دقيقة ٠

٣ - يجرى تحديد قيم النتائج على قطعة الاختبار القياسية ٥ سم على السطوح القطرية والماسية وكل من سطحى النهايتين ٠

أما بالنسبة لقطعة الاختبار القياسية ٢ سم فتحدد القيم على السطوح القطرية والماسية فقط والأسطح القطرية والماسية المختارة لاجراء الاختبار عليها يجب أن تقارب فى مظهرها تماما الحالة القطرية والماسية الحقيقية كما يجب أن يكون أثر الاختراق بعيدا بعدا كافيا عن نهايات عينة الاختبار منعا لحدوث أى تشقق ٠

النتائج :

تدون نتائج الاختبار (الحمل اللازم) لكل من نسوى قطع الاختبار وتتم المقارنة ٠

*   *

*

(٦) اختبار القص فى اتجاه موازى لترتيب الألياف

Shear test

عينة الاختبار :

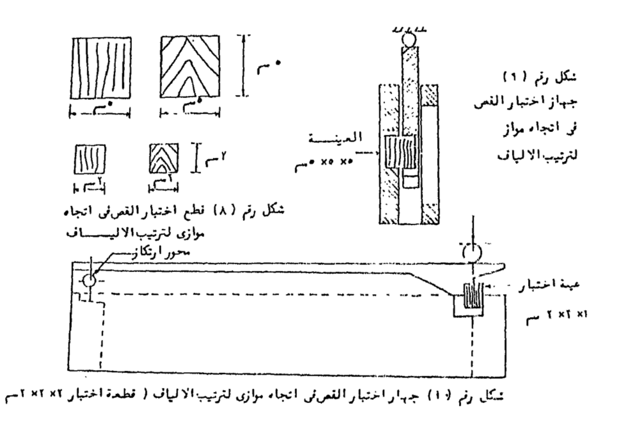
تكون عينة الاختبار المستخدمة على شكل مكعب طول ضلعه ٥ سم أو ٢ سم كما بالشكل رقم (٨) .

خطوات الاختبار :

١ - يوضح الشكل رقم (٩) شكل الجهاز المستخدم مع قطعة الاختبار ٥ سم .

٢ - يسلط الحمل بسرعة ثابته للرأس المتحركة مقدارها ٦٢٥ر٠ مم / الدقيقة وتستخدم نفس السرعة مع قطعة الاختبار ٢ سم التى يجب أن تختبر بجهاز كالمبين فى الشكل رقم (١٠) .

٣ - يكون القص فى اتجاه موازى للاتجاه الطولى لترتيب الالياف ويجرى الاختبار بحيث يكون مستوى الانهيار للقص موازٍ للاتجاه المماسى لترتيب الألياف أيضا . بحيث يكون مستوى أنهيار القص موازٍ للاتجاه القطرى .



شكل رقم (٩) جهاز اختبار القص فى اتجاه مواز لترتيب الالياف

شكل رقم (٨) قطع اختبار القص فى اتجاه موازى لترتيب الاليـــاف

شكل رقم (١٠) جهاز اختبار القص فى اتجاه موازى لترتيب الالياف (قطعة اختبار ٢× ٢× ٢سم

النتــــائـــج :

(يجب أن يبين اذا كان سطح انهيار القص قطريا أو مماسيا) ٠

م = المساحة الواقعة تحت القـــص (سم٢) ٠

و = أقصى حمل للقص بالكيلو جـــرام ٠

الخـــواص الواجـــب حســـابها ٠

المتوسط الظاهرى لاجهـاد القـــص =

$\frac{و}{م}$ كجم / سم ٢ (قطريا أو مماســـيا) ٠

* *

*

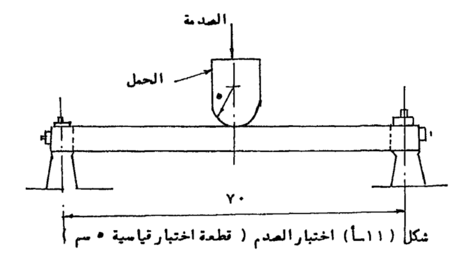
(٧) اختبار الصدم للخشب
Impact test for timber.

عينة الاختبار :

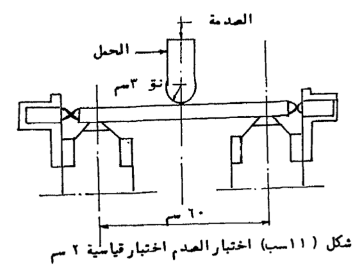
يستخدم فى اختبار الصدم اما قطعة الاختبار القياسية ٥ سم والتى ابعادها ٥ سم × ٥ سم × ٧٥ سم أو قطعة الاختبار القياسية ٢ سم والتى أبعادها ٢ سم × ٢ سم × ٣٠ سم .

خطوات الاختبار :

يوضح الشكل رقم (١١ - أ) رسما تخطيطيا لطريقة اجراء الاختبار فى حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٥ سم . ويجب ضمان تثبيت الجهاز على اساس صلد بمسامير ربط وتوضع قطعة الاختبار فى الماكنة بحيث تكون المسافة بين محورى الارتكاز ٧٠ سم ويكون مركز حلقات النمو السنوية (جانب القلب) الى أعلى ويكون التحميل فى منتصف العينة بصدمها بثقل مقداره ٢٠ كيلو جرام وبحيث يكون الثقل حر السقوط من ارتفاعات متزايدة بمعدل منتظم مبتدئا بارتفاع سقوط قيمته ٥ سم ثم يزاد هذا الارتفاع بمقدار ٢,٥ سم فى كل مرة حتى



شكل (١١ـأ) اختبار الصدم (قطعة اختبار قياسية ٥ سم)



شكل (١١ـب) اختبار الصدم اختبار قياسية ٢ سم

الوصول الى ارتفاع سقوط قيمته ٢٥ سم وبعد ذلك يزاد هذا الارتفاع بمقدار ٥ سم فى كل مرة ويستمر الاختبار حتى يحدث انهيار كامل للعينة أو يصل سهم الانحناء الى ١٥ سم ويسجل عندئذ أقصى ارتفاع للثقل الساقط • ويوضح الشكل رقم (١١ - ب) رسما تخطيطيا لجهاز مناسب لاجراء هذا الاختبار فى حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم ويجب ضمان تثبيت اجزاء الجهاز على اساس صلد بواسطة مسامير ربط وتوضع قطعة الاختبار فى المكنة بحيث يكون بحر الكمرة ٦٠ سم وحلقات النمو السنوية موازية لاتجاه ضربة الصدم ويكون التحميل فى منتصف عينة الاختبار ويصدمها بثقل مقداره ٥ ر١ كجم •

وبحيث يكون حر السقوط من الارتفاعات متزايدة بمقادير منتظمة وبنفس معدل الزيادة المتبع فى حالة قطعة الاختبار القياسية ٥ سم •

ويستمر الاختبار حتى يحدث انهيار كامل للعينة أو حتى يصل سهم الانحناء الى ٦ سم ويسجل عندئذ أقصى ارتفاع للثقل الساقط •

النتائج :

تدون النتائج الاتية :

أ = عرض قطعة الاختبار بالسنتيمتر •

ب = عمق قطعة الاختبار بالسم •

ل = بحر الكمرة (٧٠ سم أو ٦٠ سم) •

و = ٢٠ كجم (فى حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٥ سم).

= ٥ ر١ كجم (فى حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم).

ع = ارتفاع السقوط الذى يحدث عنده تمام الانهيار أو سهم انحناء قيمته ١٥ سم (فى حالة قطعة الاختبار القياسية ٥ سم) أو ٦ سم فى حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم).

* * *

